

**STUDI EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
RUMAH SAKIT UMUM PUSAT FATMAWATI JAKARTA**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI SUMBER DAYA
AIR**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**Disusun Oleh :
FARHAN ZAKY
NIM. 145060407111006 - 64**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan petunjuk serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan yang berjudul Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit umum pusat fatmawati. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah mendukung untuk menyelesaikan laporan skripsi ini, diantaranya:

1. Orang tua dan seluruh keluarga atas doa, dorongan dan semangat yang diberikan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eng Tri Budi Prayogo, ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan laporan ini.
3. Ibu Rahma Dara Lufira, ST., MT., Bapak Ir. Moh. Sholichin, MT, PH.D. dan Ibu Emma Yuliani, ST.,MT., PH.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran beserta kritik terhadap penulis atas penyempurnaan laporan ini.
4. Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati selaku pihak yang memberi izin penulis untuk melakukan penelitian.
5. Teman-teman seperjuangan di di kota malang yaitu Pica, Yudhis, Rusdan, Yoni, Valdi, Tian, Ambong, Kefas, Riadhi, Decka, dan hafidh yang telah memberikan dukungan yang luar biasa.
6. Teman – teman Teknik Pengairan 2014 yang telah memberikan dukungan dan informasi dalam menyelesaikan laporan ini.
7. Dan semua pihak yang namanya tidak mungkin disebut satu-persatu yang telah membantu secara moril maupun materil.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh Karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua

Malang, Desember 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan



RINGKASAN

Farhan Zaky, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2018, *Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta*, Dosen Pembimbing : Tri Budi Prayogo.

Rumah sakit merupakan fasilitas kesehatan yang sangat penting bagi masyarakat. Biasanya, pembangunan rumah sakit di daerah perkotaan ini berada pada kawasan padat penduduk. Jika sistem pengolahan limbah yang ada tidak memenuhi syarat, maka akan timbul berbagai masalah lingkungan dan kesehatan yang pada akhirnya akan menurunkan kualitas hidup masyarakat. Berdasarkan dari apa yang sudah dijabarkan diatas, saya memutuskan untuk menggunakan rumah sakit umum pusat fatmawati sebagai lokasi penelitian dikarenakan Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati adalah salah satu rumah sakit terbesar di Indonesia yang memiliki akreditasi internasional dan menjadi rujukan tertinggi oleh pemerintah. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang ada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, mengetahui efektifitas setiap unit IPAL yang ada, mengetahui apakah kualitas air dari hasil pengolahan IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati memenuhi baku mutu air limbah yang diperbolehkan, dalam hal ini Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha dan Menganalisa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi adanya penambahan jumlah kapasitas kamar tidur untuk pasien rawat inap.

Pada Penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap setiap unit IPAL yang ada pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati menggunakan data sekunder yang didapat dari pihak rumah sakit dan data dari hasil uji laboratorium. Data yang diuji di laboratorium adalah hasil dari sampel yang diambil oleh penulis pada inlet dan outlet unit-unit IPAL yang ada pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati. Untuk mengetahui efektifitas unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati akan dilakukan perbandingan data kualitas limbah cair pada inlet dan outlet unit IPAL. Dari hasil perhitungan dapat diketahui berapa efisiensi unit IPAL dalam menurunkan kadar pencemar. Selain evaluasi berdasarkan persentase penurunan kadar pencemar akan dilakukan juga evaluasi berdasarkan dari waktu tinggal setiap unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati. Untuk mengetahui debit limbah cair berdasarkan jumlah tempat tidur dan presentase tingkat hunian (BOR) akan dihitung menggunakan rumus penggunaan air bersih. Dari perhitungan itu akan dilakukan 2 studi kasus yaitu menentukan jumlah tempat tidur maksimal yang sesuai dengan kapasitas IPAL dan analisa menggunakan debit tempat tidur maksimal yang ditambah dengan debit dengan kegiatan dari luar tempat tidur.

Hasil evaluasi pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati menunjukkan bahwa Secara umum kondisi eksisting pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati dapat dikatakan baik dan optimal kecuali untuk bak ekualisasi dimana jet aerator yang ada rusak dan sudah tidak dapat berfungsi. untuk proses pengolahan limbah cair yang dilaksanakan pada setiap unit IPAL rumah sakit umum pusat fatmawati Jakarta masih berjalan dengan baik dan optimal kecuali untuk bak flotasi dan bak ekualisasi, yang masih memiliki efisiensi penurunan kadar pencemar dibawah dari standar yang ada. Debit limbah cair berdasarkan presentase tingkat hunian adalah sebesar 11.22 m³/jam. Setelah hasil uji laboratorium pada outlet IPAL dibandingkan diketahui bahwa Effluent IPAL Rumah Sakit Umum Pusat fatmawati Jakarta masih sesuai dengan baku mutu lingkungan yang diperbolehkan dalam hal ini yaitu Peraturan

Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha. Setelah dilakukan analisa terhadap unit IPAL dengan keadaan penambahan kapasitas tempat tidur pada rumah sakit dapat diketahui bahwa kondisi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati masih baik dan optimal. Hal itu dibuktikan dari effluent IPAL dan cek waktu tinggal yang masih sesuai dengan standar yang ada. Setelah itu diketahui juga bahwa jumlah kapasitas maksimal tempat tidur rumah sakit yang masih bisa ditampung oleh Unit IPAL Rumah sakit Umum Pusat Fatmawati yaitu sebanyak 1694 tempat tidur.

Kata kunci : IPAL, rumah sakit, efektifitas, influent, Effluent



RINGKASAN

Farhan Zaky Water Resources Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, October 2018, Study Evaluation Waste Water Treatment Plants Fatmawati Central General Hospital Jakarta Lecturer : Tri Budi Prayogo.

Hospitals are health facilities that are very important for the community. Usually, the construction of hospitals in urban areas is in densely populated areas. If the existing sewage treatment system does not meet the requirements, various environmental and health problems will arise which will ultimately reduce the quality of life of the community. Based on what has been described above, I decided to use the Fatmawati Central Hospital as a research location because Fatmawati Central General Hospital is one of the largest hospitals in Indonesia that has international accreditation and is the highest reference by the government. This study aims to evaluate the existing conditions of existing Waste Water Treatment Plants (WWTPs) at Fatmawati Central Hospital, to find out the effectiveness of each existing WWTP unit, to find out whether the quality of water from the treatment of WWTP Fatmawati General Hospital meets the permitted quality standards of wastewater. , in this case the Regulation of the Governor of DKI Jakarta No. 69 of 2013 concerning Waste Water Quality Standards for health and or business and Analyzing Waste Water Treatment Plants (WWTPs) at Fatmawati Central General Hospital in Jakarta if there is an increase in the number of bedroom capacity for inpatients.

In this study an evaluation of each existing WWTP unit at Fatmawati Central Hospital used secondary data obtained from the hospital and data from laboratory test results. Data tested in the laboratory are the results of samples taken by the author at the inlet and outlet of the existing WWTP units at Fatmawati Central General Hospital. To find out the effectiveness of the WWTP Central Fatmawati General Hospital unit, a comparison of the quality of liquid waste data will be carried out on the inlet and outlet of the WWTP unit. From the calculation results, it can be seen how much the efficiency of the WWTP unit is in reducing pollutant levels. In addition to evaluations based on the percentage of decrease in pollutant content, an evaluation will also be carried out based on the residence time of each WWTP unit at the Fatmawati General Hospital. To know the discharge of liquid waste based on the number of beds and the percentage of occupancy rate (BOR) will be calculated using the formula for using clean water. From the calculation, 2 case studies will be carried out, namely determining the maximum number of beds according to the WWTP capacity and analyzing using the maximum bed discharge plus the discharge with activities from outside the bed

The evaluation results at the WWTP Fatmawati General Hospital show that in general the existing conditions at the WWTP Fatmawati General Hospital can be said to be good and optimal except for the equalization bath where the existing jet aerator is damaged and cannot function. for the wastewater treatment process carried out in every unit of WWTP at the Fatmawati Central Hospital, Jakarta is still running well and optimally except for flotation and equalization tanks, which still have the efficiency of reducing pollutant levels below the existing standards. Liquid waste discharge based on the percentage of occupancy rate is 11.22 m³ / hour. After the results of laboratory tests at the IPAL outlets were compared it was known that the Effluent WWTP of the Fatmawati Central Hospital in Jakarta was still in accordance with the environmental quality standards allowed in this case, namely the Regulation of the Governor

of DKI Jakarta No. 69 of 2013 concerning Waste Water Quality Standards for health and or business. After analyzing the WWTP unit with the state of additional bed capacity in the hospital, it can be seen that the condition of WWTP Fatmawati General Hospital is still good and optimal. This is evidenced by the effluent of WWTP and check the residence time which is still in accordance with existing standards. After that, it was also known that the maximum capacity of hospital beds that could still be accommodated by the WWTP Unit of the Fatmawati Central Hospital was 1694 beds.

Kata kunci : WWTP, Hospital, effectiveness, influent, Effluent



RINGKASAN

Farhan Zaky, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2018, *Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta*, Dosen Pembimbing : Tri Budi Prayogo.

Rumah sakit merupakan fasilitas kesehatan yang sangat penting bagi masyarakat. Biasanya, pembangunan rumah sakit di daerah perkotaan ini berada pada kawasan padat penduduk. Jika sistem pengolahan limbah yang ada tidak memenuhi syarat, maka akan timbul berbagai masalah lingkungan dan kesehatan yang pada akhirnya akan menurunkan kualitas hidup masyarakat. Berdasarkan dari apa yang sudah dijabarkan diatas, saya memutuskan untuk menggunakan rumah sakit umum pusat fatmawati sebagai lokasi penelitian dikarenakan Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati adalah salah satu rumah sakit terbesar di Indonesia yang memiliki akreditasi internasional dan menjadi rujukan tertinggi oleh pemerintah. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang ada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, mengetahui efektifitas setiap unit IPAL yang ada, mengetahui apakah kualitas air dari hasil pengolahan IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati memenuhi baku mutu air limbah yang diperbolehkan, dalam hal ini Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha dan Menganalisa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi adanya penambahan jumlah kapasitas kamar tidur untuk pasien rawat inap.

Pada Penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap setiap unit IPAL yang ada pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati menggunakan data sekunder yang didapat dari pihak rumah sakit dan data dari hasil uji laboratorium. Data yang diuji di laboratorium adalah hasil dari sampel yang diambil oleh penulis pada inlet dan outlet unit-unit IPAL yang ada pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati. Untuk mengetahui efektifitas unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati akan dilakukan perbandingan data kualitas limbah cair pada inlet dan outlet unit IPAL. Dari hasil perhitungan dapat diketahui berapa efisiensi unit IPAL dalam menurunkan kadar pencemar. Selain evaluasi berdasarkan persentase penurunan kadar pencemar akan dilakukan juga evaluasi berdasarkan dari waktu tinggal setiap unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati. Untuk mengetahui debit limbah cair berdasarkan jumlah tempat tidur dan presentase tingkat hunian (BOR) akan dihitung menggunakan rumus penggunaan air bersih. Dari perhitungan itu akan dilakukan 2 studi kasus yaitu menentukan jumlah tempat tidur maksimal yang sesuai dengan kapasitas IPAL dan analisa menggunakan debit tempat tidur maksimal yang ditambah dengan debit dengan kegiatan dari luar tempat tidur.

Hasil evaluasi pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati menunjukkan bahwa Secara umum kondisi eksisting pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati dapat dikatakan baik dan optimal kecuali untuk bak ekualisasi dimana jet aerator yang ada rusak dan sudah tidak dapat berfungsi. untuk proses pengolahan limbah cair yang dilaksanakan pada setiap unit IPAL rumah sakit umum pusat fatmawati Jakarta masih berjalan dengan baik dan optimal kecuali untuk bak flotasi dan bak ekualisasi, yang masih memiliki efisiensi penurunan kadar pencemar dibawah dari standar yang ada. Debit limbah cair berdasarkan presentase tingkat hunian adalah sebesar 11.22 m³/jam. Setelah hasil uji laboratorium pada outlet IPAL dibandingkan diketahui bahwa Effluent IPAL Rumah Sakit Umum Pusat fatmawati Jakarta masih sesuai dengan baku mutu lingkungan yang diperbolehkan dalam hal ini yaitu Peraturan

Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha. Setelah dilakukan analisa terhadap unit IPAL dengan keadaan penambahan kapasitas tempat tidur pada rumah sakit dapat diketahui bahwa kondisi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati masih baik dan optimal. Hal itu dibuktikan dari effluent IPAL dan cek waktu tinggal yang masih sesuai dengan standar yang ada. Setelah itu diketahui juga bahwa jumlah kapasitas maksimal tempat tidur rumah sakit yang masih bisa ditampung oleh Unit IPAL Rumah sakit Umum Pusat Fatmawati yaitu sebanyak 1694 tempat tidur.

Kata kunci : IPAL, rumah sakit, efektifitas, influent, Effluent



SUMMARY

Farhan Zaky Water Resources Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, October 2018, Study Evaluation Waste Water Treatment Plants Fatmawati Central General Hospital Jakarta Lecturer : Tri Budi Prayogo.

Hospitals are health facilities that are very important for the community. Usually, the construction of hospitals in urban areas is in densely populated areas. If the existing sewage treatment system does not meet the requirements, various environmental and health problems will arise which will ultimately reduce the quality of life of the community. Based on what has been described above, I decided to use the Fatmawati Central Hospital as a research location because Fatmawati Central General Hospital is one of the largest hospitals in Indonesia that has international accreditation and is the highest reference by the government. This study aims to evaluate the existing conditions of existing Waste Water Treatment Plants (WWTPs) at Fatmawati Central Hospital, to find out the effectiveness of each existing WWTP unit, to find out whether the quality of water from the treatment of WWTP Fatmawati General Hospital meets the permitted quality standards of wastewater. , in this case the Regulation of the Governor of DKI Jakarta No. 69 of 2013 concerning Waste Water Quality Standards for health and or business and Analyzing Waste Water Treatment Plants (WWTPs) at Fatmawati Central General Hospital in Jakarta if there is an increase in the number of bedroom capacity for inpatients.

In this study an evaluation of each existing WWTP unit at Fatmawati Central Hospital used secondary data obtained from the hospital and data from laboratory test results. Data tested in the laboratory are the results of samples taken by the author at the inlet and outlet of the existing WWTP units at Fatmawati Central General Hospital. To find out the effectiveness of the WWTP Central Fatmawati General Hospital unit, a comparison of the quality of liquid waste data will be carried out on the inlet and outlet of the WWTP unit. From the calculation results, it can be seen how much the efficiency of the WWTP unit is in reducing pollutant levels. In addition to evaluations based on the percentage of decrease in pollutant content, an evaluation will also be carried out based on the residence time of each WWTP unit at the Fatmawati General Hospital. To know the discharge of liquid waste based on the number of beds and the percentage of occupancy rate (BOR) will be calculated using the formula for using clean water. From the calculation, 2 case studies will be carried out, namely determining the maximum number of beds according to the WWTP capacity and analyzing using the maximum bed discharge plus the discharge with activities from outside the bed

The evaluation results at the WWTP Fatmawati General Hospital show that in general the existing conditions at the WWTP Fatmawati General Hospital can be said to be good and optimal except for the equalization bath where the existing jet aerator is damaged and cannot function. for the wastewater treatment process carried out in every unit of WWTP at the Fatmawati Central Hospital, Jakarta is still running well and optimally except for flotation and equalization tanks, which still have the efficiency of reducing pollutant levels below the existing standards. Liquid waste discharge based on the percentage of occupancy rate is 11.22 m³ / hour. After the results of laboratory tests at the IPAL outlets were compared it was known that the Effluent WWTP of the Fatmawati Central Hospital in Jakarta was still in accordance with the environmental quality standards allowed in this case, namely the Regulation of the Governor

of DKI Jakarta No. 69 of 2013 concerning Waste Water Quality Standards for health and or business. After analyzing the WWTP unit with the state of additional bed capacity in the hospital, it can be seen that the condition of WWTP Fatmawati General Hospital is still good and optimal. This is evidenced by the effluent of WWTP and check the residence time which is still in accordance with existing standards. After that, it was also known that the maximum capacity of hospital beds that could still be accommodated by the WWTP Unit of the Fatmawati Central Hospital was 1694 beds.

Keywords : WWTP, Hospital, effectiveness, influent, Effluent



LEMBAR PERSETUJUAN
STUDI EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
RUMAH SAKIT UMUM PUSAT FATMAWATI JAKARTA

SKRIPSI
TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI SUMBER DAYA
AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FARHAN ZAKY
NIM. 145060407111006

Skripsi ini telah di revisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 12 Desember 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Ussy Andawayanti, M.S.
NIP. 19610131 198609 2 001

Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT
NIP. 19720320 199512 1 001

LEMBAR PERSETUJUAN
STUDI EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
RUMAH SAKIT UMUM PUSAT FATMAWATI JAKARTA

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI SUMBER DAYA
AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FARHAN ZAKY

NIM. 145060407111006

Skripsi ini telah di revisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 12 Desember 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, M.S.
NIP. 19610131 198609 2 001

Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT
NIP. 19720320 199512 1 001



UNDANG – UNDANG REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 20 TAHUN 2003

SISTEM PENDIDIKAN NASIONAL

Pasal 25 Ayat 3 :

Lulusan Perguruan Tinggi Yang Karya Ilmiahnya Digunakan Untuk Memperoleh Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Terbukti Merupakan Jiplakan Dicaput Gelarnya.

Pasal 70 :

Lulusan Yang Karya Ilmiah Yang Digunakan Untuk Mendapatkan Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Sebagaimana Dimakud Dalam Pasal 25 Ayat (2) Terbukti Merupakan Jiplakan Dipidana Penjara Paling Lama Dua Tahun Dan/Atau Pidana Denda Paling Banyak Rp. 200.000.000,00 (Dua Ratus Juta Rupiah).





PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya, di dalam Naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK/Strata-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

(Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI No. 17 Tahun 2010, Pasal 12 dan Pasal 13)

Malang, 12 Desember 2018
Mahasiswa

Materai Rp. 6.000,-

Nama : Farhan Zaky
NIM : 145060401111006
Jurusan: TEKNIK PENGAIRAN



*Sebuah persembahan
untuk Ayah dan Mama
Tercinta*



Vivere peri coloso

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Batasan Masalah	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Rumah Sakit	5
2.2. Limbah Rumah Sakit	5
2.3. Pengelolaan Limbah Rumah Sakit	8
2.4. Pengolahan Limbah Rumah Sakit	12
2.5. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit	14
2.5.1. Karakteristik Fisik	15
2.5.2. Karakteristik Kimia	17
2.5.3. Karakteristik Biologis	18
2.6. Standar Air Buangan	18
2.6.1. Stream Standard	18
2.6.2. Effluent Standard	19
2.7. Karakteristik Air Buangan	20
2.7.1. Karakteristik Fisik Air Buangan	22
2.7.2. Karakteristik Kimia Air Buangan	23
2.7.3. Karakteristik Biologis Air Buangan	26
2.8. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	26
2.8.1. Pengolahan Pendahuluan (<i>Pre Treatment</i>)	26
2.8.2. Pengolahan Tingkat Kedua (<i>Secondary Treatment</i>)	26

2.8.3. Pengolahan tingkat ketiga (<i>Tertiary Treatment</i>).....	31
2.8.4. Pengolahan Lumpur	32

BAB III METODOLOGI INVENTARISASI

3.1. Lokasi Penelitian	33
3.1.1 Sejarah Pendirian Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati	34
3.1.2. Profil Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati	37
3.1.3. Unit Penghasil Limbah Rumah Sakit.....	37
3.1.4. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSUP Fatmawati	38
3.2. Metode Pengumpulan Data	38
3.2.1. Penentuan lokasi pengambilan sampel Air Limbah.....	39
3.2.2. Pengambilan Sampel Air Limbah dan Pengujian di Laboratorium	39
3.2.3. Evaluasi Berdasarkan Data Sekunder	40
3.3. Teknik Pengolahan Data	40
3.4. Diagram Alir Penelitian	42

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Umum.....	43
4.2. Kondisi eksisting Instalasi pengolahan Air Limbah	45
4.3. Analisa input IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati	54
4.3.1. Analisa Kapasitas IPAL dan Timbulan Limbah Cair Berdasarkan Data Sekunder	54
4.3.2. Analisa Kapasitas IPAL dan Timbulan Limbah Cair Berdasarkan Konsumsi Air Bersih	54
4.3.3. Analisa Karakteristik Input IPAL	55
4.4. Analisa Proses IPAL	56
4.4.1 Bak Flotasi	57
4.4.2. Bak Sedimentasi.....	59
4.4.3. Bak Ekualisasi.....	60
4.4.4. Bak Aerasi.....	61
4.4.5. Klorinasi dan Unit Filtrasi	63
4.4.6. Rekapitulasi Analisa Proses IPAL	64
4.5. Analisa Outlet IPAL.....	65
4.6. Analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati	66
4.6.1 Unit Pengolahan Pendahuluan (<i>Pre-Treatment</i>)	66

4.6.2. Bak Flotasi	67
4.6.3. Bak Sedimentasi.....	68
4.6.4. Bak Ekualisasi.....	69
4.6.5. Bak Aerasi	70
4.6.6. Tangki Penampung dan disinfeksi	72
4.6.7. Rekapitulasi Analisa Dimensi Unit – Unit Pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati.....	73
4.7. Analisis Data Inlet dan Outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati	73
4.7.1. Analisis Data Inlet Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati.....	76
4.7.2. Analisis Data Outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati	78
4.8. Perbandingan Data Sekunder Dengan Analisa Laboratorium	86
4.9. Analisa Influent IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Terjadi Penambahan Kapasitas Tempat Tidur	88
4.10. Analisa Proses dan Dimensi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Terjadi Penambahan Kapasitas Tempat Tidur	90
4.10.1. Bak Ekualisasi.....	91
4.10.2. Bak Flotasi	92
4.10.3. Bak Sedimentasi.....	94
4.10.4. Bak Aerasi.....	95
4.10.5. Rekapitulasi Analisa Proses dan Dimensi IPAL Rumah Sakit Umum pusat Fatmawati Apabila Terjadi Penambahan Kapasitas Tempat Tidur ...	96
4.11. Analisa Output IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Terjadi Penambahan Kapasitas Tempat Tidur	97
4.12. Analisa Unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Penambahan Kapasitas Tempat Tidur Digabung Dengan Debit kegiatan Diluar Tempat Tidur	98
4.12.1. Bak Ekualisasi.....	99
4.12.2. Bak Flotasi	100
4.12.3. Bak Sedimentasi.....	101
4.12.4. Bak Aerasi.....	102

4.12.5. Rekapitulasi Analisa Kapasitas IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Penambahan Kapasitas Tempat Tidur Digabung Dengan Debit kegiatan Diluar Tempat Tidur.....	103
4.13. Analisa Output IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Debit Penambahan Kapasitas Tempat Tidur Digabung Dengan Debit kegiatan Diluar Tempat Tidur	104
4.14. Analisa Kapasitas Maksimal Penambahan Tempat Tidur Untuk Setiap unit IPAL Berdasarkan Waktu Tinggal	105
4.14.1. Bak Ekualisasi.....	105
4.14.2. Bak Flotasi	107
4.14.3. Bak Sedimentasi.....	108
4.14.4. Bak Aerasi.....	110
4.14.5. Rekapitulasi Analisa Kapasitas Maksimal Penambahan Tempat Tidur Untuk Setiap unit IPAL Berdasarkan Waktu Tinggal	111
 BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	113
5.2.Saran.....	114
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Rumah Sakit umum pusat Fatmawati	37
Gambar 3.3 Titik Pengambilan sampel Air Limbah.....	42
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 4.1 Skema Pengolahan Air Limbah di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati	48
Gambar 4.2 Grease Trap.....	49
Gambar 4.3 Bak Penangkap Busa	50
Gambar 4.4 Skema sumber air limbah sebelum masuk ke unit IPAL.....	51
Gambar 4.5 Bak Flotasi	53
Gambar 4.6 Bak Sedimentasi	54
Gambar 4.7 Bak Lumpur	54
Gambar 4.8 Bak Ekualisasi	55
Gambar 4.9 Bak Aerasi	56
Gambar 4.10 Blower Bak Aerasi.....	56
Gambar 4.11 Tangki Penampung dan Klorinasi	57
Gambar 4.12 Sand filter dan Carbon Filter	58
Gambar 4.13 Kolam Stabilisasi Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati	58
Gambar 4.14 Contoh Model <i>Dissolved Air Flotation</i>	64
Gambar 4.15 Skema sumber air limbah sebelum masuk ke unit IPAL.....	83
Gambar 4.16 Grafik Kandungan pH pada Effluent IPAL	85
Gambar 4.17 Grafik Kandungan TSS pada Effluent IPAL	86
Gambar 4.18 Grafik Kandungan BOD pada Effluent IPAL	87
Gambar 4.19 Grafik Kandungan COD pada Effluent IPAL	88
Gambar 4.20 Grafik Kandungan Ammonia pada Effluent IPAL	89
Gambar 4.21 Grafik Kandungan Minyak dan Lemak pada Effluent IPAL.....	90
Gambar 4.22 Grafik Kandungan Total Coliform pada Effluent IPAL.....	91

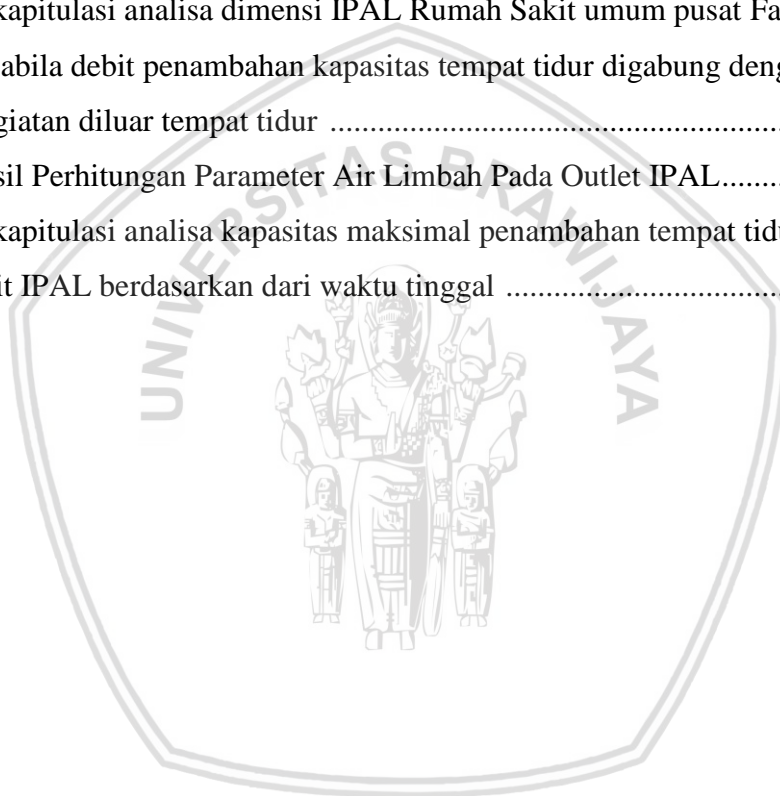
Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Beberapa Rumah Sakit di Jakarta	14
Tabel 2.2 Sifat Fisik Air Buangan	15
Tabel 2.3 Karakteristik Air Buangan Berdasarkan Sumber Pencemar	19
Tabel 2.4 Pencemar dan Penyebabnya	21
Tabel 2.5 Kriteria Desain Unit Sedimentasi	26
Tabel 2.6 Kriteria Desain Bioreaktor	29
Tabel 2.7 Kriteria Desain untuk <i>Conventional Activated Sludge</i>	31
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Pada Inlet IPAL	56
Tabel 4.2 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Flotasi	57
Tabel 4.3 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Sedimentasi	59
Tabel 4.4 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Aerasi	62
Tabel 4.5 Rekapitulasi Analisa Proses IPAL	69
Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Parameter Air Limbah Pada Outlet IPAL	71
Tabel 4.7 Perbandingan Kualitas Influent dan Effluent Limbah Cair pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta	71
Tabel 4.8 Kriteria Desain Bak Aerasi	77
Tabel 4.9 Perbandingan Kriteria Desain dengan Kondisi Eksisting di Lapangan	78
Tabel 4.10 Rekapitulasi analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati	79
Tabel 4.11 Data Inlet dan Outlet IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Berdasarkan Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta	81
Tabel 4.12 Perbandingan Data Sekunder dengan Analisis Laboratorium	93
Tabel 4.13 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Ekualisasi	98
Tabel 4.14 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Flotasi	99
Tabel 4.15 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Sedimentasi	100
Tabel 4.16 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Aerasi	101
Tabel 4.17 Rekapitulasi analisa proses IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur	103
Tabel 4.18 Rekapitulasi analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit umum pusat Fatmawati apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur	103
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Parameter Air Limbah Pada Outlet IPAL	104

Tabel 4.20 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Ekualisasi	106
Tabel 4.21 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Flotasi	107
Tabel 4.22 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Sedimentasi	108
Tabel 4.23 Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Aerasi	109
Tabel 4.24 Rekapitulasi analisa proses IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila debit penambahan kapasitas tempat tidur digabung dengan debit kegiatan diluar tempat tidur	110
Tabel 4.25 Rekapitulasi analisa dimensi IPAL Rumah Sakit umum pusat Fatmawati apabila debit penambahan kapasitas tempat tidur digabung dengan debit kegiatan diluar tempat tidur	111
Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Parameter Air Limbah Pada Outlet IPAL.....	112
Tabel 4.27 Rekapitulasi analisa kapasitas maksimal penambahan tempat tidur untuk setiap unit IPAL berdasarkan dari waktu tinggal	120



LEMBAR PENGESAHAN
STUDI EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
RUMAH SAKIT UMUM PUSAT FATMAWATI JAKARTA

JURNAL

TEKNIK PENGAIRAN
KONSENTRASI KONSERVASI SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Farhan Zaky
NIM. 145060407111006

Jurnal ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 13 Desember 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, M.S.
NIP. 19610131 198609 2 001

Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT.
NIP. 19720320 199512 1 001

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tingginya angka pertumbuhan dan meningkatnya urbanisasi ke kota-kota besar. Mengakibatkan angka pembangunan fisik di perkotaan ikut meningkat. Demikian pula Halnya dengan pembangunan fasilitas kesehatan umum seperti rumah sakit yang didasari oleh kebutuhan masyarakat. Biasanya, pembangunan rumah sakit di daerah perkotaan ini berada pada kawasan padat penduduk. Jika sistem pengolahan limbah yang ada tidak memenuhi syarat, maka akan timbul berbagai masalah lingkungan dan kesehatan yang pada akhirnya akan menurunkan kualitas hidup masyarakat.

Survei menemukan bahwa rumah sakit yang memisahkan limbah 80,7 persen, melakukan pewadahan 20,5 persen, pengangkutan 72,7 persen. Sedangkan pengelolaan limbah dengan incinerator untuk limbah infeksius baru 62 persen, limbah toksik 51,1 persen, limbah radioaktif di batan 37 persen. Pada bulan juni tahun 1994 di Amerika Serikat terdapat 39 kasus infeksi HIV yang dikenali oleh center for disease control and prevention sebagai infeksi okupasional. Hal ini menunjukkan bahwa perlunya pengelolaan limbah yang baik tidak hanya pada limbah medis tajam tetapi meliputi limbah rumah sakit secara keseluruhan. Namun, berdasarkan rapid assessment tahun 2002 yang dilakukan oleh ditjen P2MPL Direktorat Penyediaan Air dan Sanitasi yang melibatkan Dinas Kesehatan, Kabupaten dan Kota menyebutkan bahwa sebanyak 648 rumah sakit dari 1.476 rumah sakit yang ada, yang memiliki insinerator baru 49% dan yang memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebanyak 36%. Dari jumlah tersebut kualitas limbah cair yang telah melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat baru mencapai 52%.

Berdasarkan data diatas, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar rumah sakit yang ada di Indonesia belum menerapkan sistem pengelolaan limbah yang sesuai dengan dengan yang seharusnya. Rumah sakit belum dapat sepenuhnya menjalankan fungsinya sebagai sarana penyembuhan orang sakit, bukan malah sebagai sarana penyebaran penyakit baru. Limbah rumah sakit terutama limbah medis sangat penting untuk dikelola dengan benar, hal ini mengingat bahwa limbah medis termasuk dalam limbah berbahaya dan beracun.

1.2. Identifikasi Masalah

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) bersama departemen kesehatan pada tahun 1997 telah melakukan survei pengelolaan limbah di 88 rumah sakit di luar kota Jakarta. Berdasarkan kriteria WHO, pengelolaan limbah rumah sakit yang baik adalah bila persentase limbah medis yang dihasilkan 15 persen. Tetapi di Indonesia, limbah medis yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit mencapai 23,3 persen. Maksudnya disini adalah, tidak adanya pemisahan antara limbah B3 dengan limbah non B3 mengakibatkan timbulan limbah menjadi tinggi, sehingga beban pengelolaan dan pengolahannya meningkat. Yang dimaksud dengan limbah B3 adalah suatu buangan atau limbah yang sifat dan konsentrasinya mengandung zat yang beracun dan berbahaya sehingga secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak lingkungan, mengganggu kesehatan, dan mengancam kelangsungan hidup manusia serta organisme lainnya.

Berdasarkan data yang sudah dijabarkan diatas, maka penulis memutuskan untuk menggunakan Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sebagai lokasi penelitian. Rumah Sakit Umum Pusat fatmawati adalah salah satu rumah sakit terbesar di Indonesia yang memiliki akreditasi internasional dan menjadi rujukan tertinggi oleh pemerintah.

Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati mempunyai berbagai macam kegiatan yang menjadi sumber penghasil limbah seperti unit rawat jalan, rawat inap, IGD, perkantoran dan yang lainnya. Dengan banyaknya unit penghasil limbah yang ada di rumah sakit maka dibutuhkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang baik agar limbah cair yang dihasilkan rumah sakit mampu memenuhi baku mutu limbah yang diperbolehkan dan tidak menjadi masalah kesehatan lingkungan yang pada akhirnya dapat menurunkan kualitas hidup masyarakat.

Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang ada di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, mengetahui efektifitas setiap unit IPAL yang ada, mengetahui apakah kualitas air dari hasil pengolahan IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati memenuhi baku mutu air limbah yang diperbolehkan, dalam hal ini Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha dan Menganalisa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi adanya penambahan jumlah kapasitas kamar tidur untuk pasien rawat inap.

1.3 Rumusan masalah

Dengan melihat berbagai hal diatas, maka dapat dipaparkan permasalahan yang ada, yaitu:

1. Bagaimana kondisi Eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta?
2. Berapa debit rata-rata perhari limbah cair yang masuk ke dalam unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta bila dihitung dengan presentase tingkat hunian (BOR) ?
3. Berapa efektifitas IPAL di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta?
4. Bagaimana effluent IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta bila dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang diperbolehkan, dalam hal ini Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha?
5. Bagaimana Kondisi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi penambahan kapasitas kamar tidur di rumah sakit?
6. Berapa jumlah maksimal kapasitas tempat tidur yang sesuai dengan Kondisi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta?

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit dengan studi kasus Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta.
2. Optimalisasi dan efektifitas pengolahan limbah cair di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, Jakarta.
3. Menganalisis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi penambahan kapasitas kamar tidur di rumah sakit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui apakah Instalasi Pengolahan Air Limbah IPAL yang ada di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sesuai dengan kriteria desain yang ada.
2. Mengetahui apakah Instalasi Pengolahan Air Limbah IPAL yang ada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sesuai dengan Peraturan Gubernur DKI Jakarta

No. 69 tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha.

3. Memaksimalkan efektifitas pengolahan limbah cair di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, Jakarta.
4. Mengetahui rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi penambahan kapasitas kamar tidur.
5. Mengetahui jumlah maksimal kapasitas tempat tidur yang sesuai dengan Kondisi Eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta.

1.6 Batasan Masalah

Pada pembahasan batasan masalah ini akan diutarakan beberapa hal cakupan yang akan dibahas. Batasan masalah penelitian ini antara lain :

1. Studi kasus pada penelitian ini dikhususkan pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta
2. Pembahasan sistem saluran difokuskan pada pengolahan limbah rumah sakit serta bangunan pelengkap yang dibutuhkan.
3. Penelitian yang dilakukan berdasarkan data sekunder yang ada dan data hasil penelitian di laboratorium.
4. Tidak membahas rencana anggaran biaya.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tingginya angka pertumbuhan dan meningkatnya urbanisasi ke kota-kota besar. Mengakibatkan angka pembangunan fisik di perkotaan ikut meningkat. Demikian pula halnya dengan pembangunan fasilitas kesehatan umum seperti rumah sakit yang didasari oleh kebutuhan masyarakat. Biasanya, pembangunan rumah sakit di daerah perkotaan ini berada pada kawasan padat penduduk. Jika sistem pengolahan limbah yang ada tidak memenuhi syarat, maka akan timbul berbagai masalah lingkungan dan kesehatan yang pada akhirnya akan menurunkan kualitas hidup masyarakat.

Survei menemukan bahwa rumah sakit yang memisahkan limbah 80,7 persen, melakukan pewadahan 20,5 persen, pengangkutan 72,7 persen. Sedangkan pengelolaan limbah dengan incinerator untuk limbah infeksius baru 62 persen, limbah toksik 51,1 persen, limbah radioaktif di batan 37 persen. Pada bulan juni tahun 1994 di Amerika Serikat terdapat 39 kasus infeksi HIV yang dikenali oleh center for disease control and prevention sebagai infeksi okupasional. Hal ini menunjukkan bahwa perlunya pengelolaan limbah yang baik tidak hanya pada limbah medis tajam tetapi meliputi limbah rumah sakit secara keseluruhan. Namun, berdasarkan rapid assessment tahun 2002 yang dilakukan oleh Ditjen P2MPL Direktorat Penyediaan Air dan Sanitasi yang melibatkan Dinas Kesehatan, Kabupaten dan Kota menyebutkan bahwa sebanyak 648 rumah sakit dari 1.476 rumah sakit yang ada, yang memiliki insinerator baru 49% dan yang memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebanyak 36%. Dari jumlah tersebut kualitas limbah cair yang telah melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat baru mencapai 52%.

Berdasarkan data diatas, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar rumah sakit yang ada di Indonesia belum menerapkan sistem pengelolaan limbah yang sesuai dengan dengan yang seharusnya. Rumah sakit belum dapat sepenuhnya menjalankan fungsinya sebagai sarana penyembuhan orang sakit, bukan malah sebagai sarana penyebaran penyakit baru. Limbah rumah sakit terutama limbah medis sangat penting untuk dikelola dengan benar, hal ini mengingat bahwa limbah medis termasuk dalam limbah berbahaya dan beracun.

1.2. Identifikasi Masalah

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) bersama departemen kesehatan pada tahun 1997 telah melakukan survei pengelolaan limbah di 88 rumah sakit di luar kota Jakarta. Berdasarkan kriteria WHO, pengelolaan limbah rumah sakit yang baik adalah bila persentase limbah medis yang dihasilkan 15 persen. Tetapi di Indonesia, limbah medis yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit mencapai 23,3 persen. Maksudnya disini adalah, tidak adanya pemisahan antara limbah B3 dengan limbah non B3 mengakibatkan timbulan limbah menjadi tinggi, sehingga beban pengelolaan dan pengolahannya meningkat. Yang dimaksud dengan limbah B3 adalah suatu buangan atau limbah yang sifat dan konsentrasinya mengandung zat yang beracun dan berbahaya sehingga secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak lingkungan, mengganggu kesehatan, dan mengancam kelangsungan hidup manusia serta organisme lainnya.

Berdasarkan data yang sudah dijabarkan diatas, maka penulis memutuskan untuk menggunakan Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sebagai lokasi penelitian. Rumah Sakit Umum Pusat fatmawati adalah salah satu rumah sakit terbesar di Indonesia yang memiliki akreditasi internasional dan menjadi rujukan tertinggi oleh pemerintah.

Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati mempunyai berbagai macam kegiatan yang menjadi sumber penghasil limbah seperti unit rawat jalan, rawat inap, IGD, perkantoran dan yang lainnya. Dengan banyaknya unit penghasil limbah yang ada di rumah sakit maka dibutuhkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang baik agar limbah cair yang dihasilkan rumah sakit mampu memenuhi baku mutu limbah yang diperbolehkan dan tidak menjadi masalah kesehatan lingkungan yang pada akhirnya dapat menurunkan kualitas hidup masyarakat.

Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang ada di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, mengetahui efektifitas setiap unit IPAL yang ada, mengetahui apakah kualitas air dari hasil pengolahan IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati memenuhi baku mutu air limbah yang diperbolehkan, dalam hal ini Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha dan Menganalisa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi adanya penambahan jumlah kapasitas kamar tidur untuk pasien rawat inap.

1.3 Rumusan masalah

Dengan melihat berbagai hal diatas, maka dapat dipaparkan permasalahan yang ada, yaitu:

1. Bagaimana kondisi Eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta?
2. Berapa debit rata-rata perhari limbah cair yang masuk ke dalam unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta bila dihitung dengan presentase tingkat hunian (BOR) ?
3. Berapa efektifitas IPAL di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta?
4. Bagaimana effluent IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta bila dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang diperbolehkan, dalam hal ini Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha?
5. Bagaimana Kondisi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi penambahan kapasitas kamar tidur di rumah sakit?
6. Berapa jumlah maksimal kapasitas tempat tidur yang sesuai dengan Kondisi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta?

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit dengan studi kasus Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta.
2. Optimalisasi dan efektifitas pengolahan limbah cair di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, Jakarta.
3. Menganalisis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi penambahan kapasitas kamar tidur di rumah sakit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui apakah Instalasi Pengolahan Air Limbah IPAL yang ada di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sesuai dengan kriteria desain yang ada.
2. Mengetahui apakah Instalasi Pengolahan Air Limbah IPAL yang ada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sesuai dengan Peraturan Gubernur DKI Jakarta

No. 69 tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha.

3. Memaksimalkan efektifitas pengolahan limbah cair di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, Jakarta.
4. Mengetahui rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi penambahan kapasitas kamar tidur.
5. Mengetahui jumlah maksimal kapasitas tempat tidur yang sesuai dengan Kondisi Eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta.

1.6 Batasan Masalah

Pada pembahasan batasan masalah ini akan diutarakan beberapa hal cakupan yang akan dibahas. Batasan masalah penelitian ini antara lain :

1. Studi kasus pada penelitian ini dikhususkan pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta
2. Pembahasan sistem saluran difokuskan pada pengolahan limbah rumah sakit serta bangunan pelengkap yang dibutuhkan.
3. Penelitian yang dilakukan berdasarkan data sekunder yang ada dan data hasil penelitian di laboratorium.
4. Tidak membahas rencana anggaran biaya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Rumah Sakit

Menurut WHO (1957), Rumah sakit adalah suatu bagian menyeluruh, (integrasi) dari medis dan organisasi, berfungsi memberikan pelayanan kesehatan lengkap kepada masyarakat baik kuratif maupun rehabilitatif, dimana output layanannya menjangkau pelayanan keluarga dan lingkungan. Rumah sakit juga merupakan pusat pelayanan rujukan medik spesialisistik dan sub spesialisistik dengan fungsi utama menyediakan dan mengadakan upaya kesehatan yang bersifat pemulihan (rehabilitasi pasien) dan penyembuhan (kuratif).

Rumah sakit merupakan sarana upaya perbaikan kesehatan yang melaksanakan pelayanan kesehatan dan dapat dimanfaatkan pula sebagai lembaga pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian. Pelayanan kesehatan yang dilakukan rumah sakit berupa kegiatan penyembuhan penderita dan pemulihan keadaan cacat badan serta jiwa. Jika diamati dari sudut pandang pelayanannya, rumah sakit juga dapat diartikan sebagai sarana upaya kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan yang meliputi rawat jalan, rawat inap, pelayanan gawat darurat, pelayanan medik dan non medik yang dalam melakukan proses kegiatan hasilnya dapat mempengaruhi lingkungan sosial, budaya dan dalam menyelenggarakan upaya dimaksud dapat menggunakan teknologi yang diperkirakan mempunyai potensi besar terhadap lingkungan

2.2. Limbah Rumah Sakit

limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan Rumah Sakit dalam bentuk padat, cair, pasta (gel) maupun gas yang dapat mengandung mikroorganisme patogen bersifat infeksius, bahan kimia beracun, dan sebagian bersifat radioaktif (Depkes, 2006). Limbah rumah sakit dapat mengandung bermacam-macam mikroorganisme tergantung pada jenis rumah sakit dan tingkat pengolahan yang dilakukan sebelum dibuang. Limbah cair rumah rumah sakit dapat mengandung bahan organik dan anorganik yang umumnya diukur dengan parameter BOD, COD dan TSS. Sedangkan limbah padat rumah sakit terdiri atas sampah mudah membusuk, sampah mudah terbakar, dan lain-lain. Limbah-limbah tersebut kemungkinan besar mengandung mikroorganisme patogen atau bahan kimia beracun berbahaya yang menyebabkan penyakit infeksi dan dapat tersebar ke lingkungan rumah sakit yang disebabkan oleh teknik pelayanan kesehatan yang memadai,

kesalahan penanganan bahan-bahan terkontaminasi dan peralatan, serta penyediaan dan pemeliharaan sarana sanitasi yang masih buruk.

Limbah yang dihasilkan rumah sakit dapat membahayakan kesehatan masyarakat, yaitu limbah berupa virus dan kuman yang berasal dari laboratorium virology dan mikrobiologi dan sulit untuk dideteksi. Limbah cair dan limbah padat yang berasal dari rumah sakit dapat berfungsi sebagai media penyebaran gangguan atau penyakit bagi para petugas, penderita maupun masyarakat. Gangguan tersebut dapat berupa pencemaran udara, pencemaran air, tanah, pencemaran makan dan minuman.

Pembuangan limbah ini dapat dilakukan dengan memilah-milah limbah ke dalam berbagai kategori. Untuk masing-masing kategori diterapkan cara pembuangan limbah yang berbeda. Prinsip umum pembuangan limbah rumah sakit adalah sejauh mungkin menghindari resiko kontaminasi dan trauma (*injury*).

Arifin (2008) menyebutkan secara umum limbah rumah sakit dibagi dalam 2 (dua) kelompok besar, yaitu: 1) limbah medis 2) limbah non medis baik padat maupun cair. Limbah klinis/medis padat adalah limbah yang terdiri dari limbah benda tajam, limbah infeksius, limbah laboratorium, limbah patologi atau jaringan tubuh, limbah sitotoksis, limbah farmasi, dan limbah kimiawi. Berikut adalah jenis-jenis limbah yang terdapat pada rumah sakit:

Limbah Benda Tajam

Limbah benda tajam adalah obyek atau alat yang memiliki sudut tajam, sisi, ujung atau bagian menonjol yang dapat memotong atau menusuk kulit seperti jarum hipodermik, perlengkapan intravena, pipet pasteur, pecahan gelas, pisau bedah. Semua benda tajam ini memiliki potensi bahaya dan dapat menyebabkan cedera melalui sobekan atau tusukan. Benda-benda tajam yang terbuang mungkin terkontaminasi oleh darah, cairan tubuh, bahan mikrobiologi, bahan beracun atau radio aktif. Limbah benda tajam mempunyai potensi bahaya tambahan yang dapat menyebabkan infeksi atau cedera karena mengandung bahan kimia beracun atau radio aktif. Potensi untuk menularkan penyakit akan sangat besar bila benda tajam tadi digunakan untuk pengobatan pasien infeksi atau penyakit infeksi.

Limbah infeksius

Limbah infeksius mencakup pengertian sebagai berikut:

1. Limbah yang berkaitan dengan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular (perawatan intensif).
2. Limbah laboratorium yang berkaitan dengan mikrobiologi dari rumah sakit atau ruang perawatan/isolasi penyakit menular.

Namun beberapa institusi memasukkan juga bangkai hewan percobaan yang terkontaminasi atau yang diduga terkontaminasi oleh organisme pathogen ke dalam kelompok limbah infeksius.

Limbah laboratorium

Limbah laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan mikrobiologi dari poliklinik dan ruang perawatan/isolasi penyakit menular.

Limbah jaringan tubuh

Limbah jaringan tubuh meliputi organ, anggota badan, darah dan cairan tubuh, biasanya dihasilkan pada saat pembedahan atau otopsi.

Limbah sitotoksik

Limbah sitotoksik adalah bahan yang terkontaminasi atau mungkin terkontaminasi dengan obat sitotoksik selama peracikan, pengangkutan atau tindakan terapi sitotoksik dan harus dimusnahkan melalui *Incenerator* pada suhu lebih dari 1.000°C. Tempat pengumpul sampah sitotoksik setelah dikosongkan lalu dibersihkan dan didesinfeksi.

Limbah farmasi

Limbah farmasi ini dapat berasal dari obat-obat kadaluwarsa, obat-obat yang terbuang karena batch yang tidak memenuhi spesifikasi atau kemasan yang terkontaminasi, obat-obat yang dibuang oleh pasien atau dibuang oleh masyarakat, obat-obat yang tidak lagi diperlukan oleh institusi bersangkutan dan limbah yang dihasilkan selama produksi obat-obatan.

Limbah kimia

Limbah kimia adalah limbah yang dihasilkan dari penggunaan bahan kimia dalam tindakan medis, veterineri, laboratorium, proses sterilisasi, dan riset. Pembuangan limbah kimia ke dalam saluran air kotor dapat menimbulkan korosi pada saluran, sementara bahan kimia lainnya dapat menimbulkan ledakan. Limbah kimia yang tidak berbahaya dapat dibuang bersama-sama dengan limbah umum.

Limbah radioaktif

Limbah radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radio isotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radio nukleida. Limbah ini dapat berasal dari antara lain:

1. Tindakan kedokteran nuklir, radioimmunoassay dan bakterilogis dapat berbentuk cair, padat atau gas.
2. Penanganan, penyimpanan dan pembuangan bahan radioaktif harus memenuhi peraturan yang berlaku.

Persentase terbesar dari air limbah rumah sakit adalah limbah non medis, sedangkan sisanya adalah limbah yang terkontaminasi oleh infectious agent kultur mikroorganisme, darah, buangan pasien pengidap penyakit infeksi dan lain-lain. Perbandingan limbah non medis dan medis adalah 89%:11%.

Jika mengacu pada keputusan menteri kesehatan nomor: 1204/MENKES/SK/2004 tahun 2004 tentang persyaratan kesehatan lingkungan rumah sakit, limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit dalam bentuk padat, cair dan gas.

- a. Limbah padat rumah sakit adalah semua limbah rumah sakit berbentuk padat akibat kegiatan rumah sakit yang terdiri dari limbah medis dan non medis.
 - Limbah medis padat adalah limbah padat berupa limbah infeksius, Limbah patologi, limbah benda tajam, limbah kimiawi, limbah farmasi, limbah sitoksis, limbah radioaktif, limbah container bertekanan dan limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi.
 - Limbah padat non medis adalah limbah padat hasil kegiatan rumah sakit diluar medis yang berasal dari dapur, perkantoran, taman, dan halaman yang dapat dimanfaatkan kembali apabila ada teknologinya.
- b. Limbah cair rumah sakit adalah semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari kegiatan rumah sakit, kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun, dan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan.
- c. Limbah gas rumah sakit adalah semua limbah berbentuk gas yang berasal dari kegiatan pembakaran di rumah sakit seperti incinerator, perlengkapan generator, dapur, anastesi dan pembuangan obat sitotoksik.

2.3 Pengelolaan Limbah Rumah Sakit

Aktivitas rumah sakit menghasilkan berbagai jenis limbah yang berupa benda padat, cair dan gas. Pengelolaan limbah rumah sakit merupakan bagian dari aktivitas penyehatan lingkungan di rumah sakit yang bertujuan untuk melindungi masyarakat dari bahaya pencemaran lingkungan yang bersumber dari limbah rumah sakit.

Dalam undang-undang No 36 tahun 2009 tentang kesehatan, telah dinyatakan bahwa kesehatan merupakan hak asasi manusia dan salah satu unsur kesejahteraan yang harus diwujudkan sesuai dengan cita-cita bangsa Indonesia sebagaimana dimaksud dalam pancasila dan undang-undang dasar Negara republik Indonesia tahun 1945. Ketentuan ini menjadi dasar bagi pemerintah untuk menyelenggarakan kegiatan yang berupa pencegahan

dan pemberantasan penyakit, pencegahan dan penanggulangan pencemaran, pemulihan kesehatan, penerangan dan pendidikan kesehatan kepada masyarakat.

Upaya perbaikan kesehatan masyarakat dapat dilakukan melalui berbagai macam cara, antara lain pencegahan dan pemberantasan penyakit menular, penyehatan lingkungan, perbaikan gizi, penyediaan air bersih, penyuluhan kesehatan serta pelayanan kesehatan ibu dan anak. Selain itu, perlindungan terhadap bahaya pencemaran lingkungan juga perlu diberi perhatian khusus.

Upaya pengelolaan limbah rumah sakit telah dilakukan dengan mempersiapkan perangkat lunaknya yang berupa peraturan-peraturan, pedoman-pedoman dan kebijakan-kebijakan yang mengatur pengelolaan dan peningkatan kesehatan di lingkungan rumah sakit. Selain itu secara bertahap dan berkesinambungan departemen kesehatan mengupayakan instalasi pengelolaan limbah rumah sakit. Sehingga sampai saat ini sebagian besar rumah sakit pemerintah telah dilengkapi dengan fasilitas pengelolaan limbah, meskipun masih perlu disempurnakan. Namun harus disadari bahwa pengelolaan limbah rumah sakit masih perlu ditingkatkan lagi.

Undang-undang No. 36 tahun 2009 tentang kesehatan menyebutkan bahwa setiap warga Negara Indonesia berhak mendapatkan lingkungan yang sehat bagi pencapaian derajat kesehatan. Oleh sebab itu pemerintah menyelenggarakan usaha-usaha dalam pencegahan dan pemberantasan penyakit, pencegahan dan penanggulangan pencemaran, pemulihan kesehatan, penerangan dan pendidikan kesehatan pada rakyat dan lain sebagainya. Upaya peningkatan dan pemeliharaan kesehatan harus dilakukan secara terus menerus, seragam dengan perkembangan ilmu pengetahuan di bidang kesehatan, maka usaha pencegahan dan penanggulangan pencemaran diharapkan mendapat peningkatan.

Sarana pengolahan/pembuangan limbah cair rumah sakit pada dasarnya bertujuan untuk menerima limbah cair yang bersumber dari berbagai alat sanitair, menyalurkan melewati instalasi saluran pembuangan dalam gedung setelahnya melewati instalasi saluran pembuangan di luar gedung menuju instalasi pengolahan buangan cair. Dari instalasi limbah, cairan yang sudah diolah mengalir ke saluran pembuangan ke perembesan tanah atau ke saluran pembuangan kota. Limbah padat yang berasal dari bangsal-bangsal, dapur, kamar operasi, dan lain sebagainya baik yang medis maupun non medis perlu dikelola sebaik-baiknya sehingga kesehatan petugas, penderita dan masyarakat di sekitar rumah sakit dapat terhindar dari kemungkinan-kemungkinan dampak pencemaran limbah rumah sakit tersebut.

Terkait limbah B3, pemerintah melalui permenkes no 1204 tahun 2004 tentang kesehatan lingkungan rumah sakit, telah menetapkan adanya kodifikasi untuk penampungan limbah padat medis dalam hubungannya sebagai limbah B3 agar tidak membahayakan bagi masyarakat sekitar di lingkungan rumah sakit. Kebijakan kodifikasi perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut (Haryanto,2001):

- a. Bangsal harus memiliki dua macam tempat limbah dengan dua warna, satu untuk limbah medis dan yang lain untuk limbah non medis.
- b. Semua limbah dari kamar operasi dianggap sebagai limbah medis.
- c. Limbah dari kantor, biasanya seperti alat-alat tulis, dianggap sebagai limbah non medis.
- d. Semua limbah yang keluar dari unit patologi harus dianggap sebagai limbah medis dan harus dinyatakan aman sebelum dibuang.

Beberapa hal harus dipertimbangkan dalam merumuskan kebijakan kodifikasi dengan warna yang menyangkut hal-hal berikut (Sundana,2000) :

1. Pemisahan limbah

- Limbah harus dipisahkan dari sumbernya.
- Semua limbah beresiko tinggi hendaknya diberi label yang jelas.
- Perlu digunakan kantong plastik dengan warna-warna yang berbeda, yang menunjukkan kemana plastik harus diangkut untuk insinerasi atau dibuang.

2. Penyimpanan limbah

- Kantong-kantong dengan warna harus dibuang jika telah berisi 2/3 bagian. Kemudian diikat bagian atasnya dan diberi label yang jelas.
- Kantong harus diangkut dengan memegang lehernya, sehingga kalau dibawa mengayun menjauhi badan, dan diletakkan di tempat-tempat tertentu untuk dikumpulkan
- Petugas pengumpul limbah harus memastikan kantong-kantong dengan warna yang sama telah dijadikan satu dan telah dikirim ke tempat yang sesuai
- Kantong harus disimpan di kotak-kotak yang kedap terhadap kutu dan hewan perusak sebelum diangkut ke tempat pembuangannya.

3. Penanganan limbah

- Kantong-kantong dengan kode warna hanya boleh diangkut apabila telah ditutup
- Kantong dipegang pada lehernya

- Petugas harus mengenakan pakaian pelindung, misalnya dengan memakai sarung tangan yang kuat dan pakaian terusan (overall), pada waktu mengangkat kantung tersebut.
- Jika terjadi kontaminasi diluar kantung diperlukan kantung baru yang bersih untuk membungkus kantung baru yang kotor tersebut dengan seisinya (double bagging).
- Petugas diharuskan melapor jika menemukan benda-benda tajam yang dapat mencederainya didalam kantung yang salah.
- Tidak ada seorangpun yang boleh memasukkan tangannya kedalam kantung limbah.

4. Pengangkutan limbah

Kantung limbah dikumpulkan dan sekaligus dipisahkan menurut kode warnanya. Limbah bagian bukan klinik misalnya dibawa ke kompaktor, limbah bagian klinik dibawa ke insinerator. Pengangkutan dengan kendaraan khusus, kendaraan yang digunakan untuk mengangkut limbah tersebut sebaiknya dikosongkan dan dibersihkan setiap hari, atau apabila diperlukan dibersihkan dengan menggunakan larutan klorin.

5. Pembuangan limbah

Setelah dimanfaatkan dengan kompaktor, limbah bukan medis dapat dibuang ditempat penimbunan sampah (*land-fill site*), sedangkan limbah medis harus dibakar (insinerasi), jika tidak memungkinkan, harus ditimbun dengan kapur dan ditanam dalam tanah. Untuk limbah gas, upaya pengelolaannya lebih sederhana dibanding dengan limbah cair, pengelolaan limbah gas tidak dapat terlepas dari upaya penyehatan ruangan dan bangunan khususnya dalam memelihara kualitas udara ruangan (indoor) yang antara lain disyaratkan agar (Agustiani dkk, 2000) :

- Tidak berbau (terutania oleh gas H_2S dan Anioniak);
- Kadar debu tidak melampaui 150 Ug/m^3 dalam pengukuran rata-rata selama 24 jam.
- Angka kuman. Ruang operasi : kurang dan 350 kalori/m^3 udara dan bebas kuman patogen (khususnya *alpha streptococcus haemolyticus*) dan spora gas gangrer. Ruang perawatan dan isolasi : kurang dari 700 kalori lm^3 udara dan bebas kuman patogen. Kadar gas dan bahan berbahaya dalam udara tidak melebihi konsentrasi maksimum yang telah ditentukan.

Penggunaan incinerator, biasanya disesuaikan dari masing-masing kemampuan rumah sakit. Rumah sakit yang besar mungkin mampu membeli insinerator sendiri. insinerator berukuran kecil atau menengah dapat membakar pada suhu $1300 - 1500^\circ \text{C}$ atau lebih

tinggi dan mungkin dapat mendaur ulang sampai 60% panas yang dihasilkan untuk kebutuhan energi rumah sakit. Suatu rumah sakit dapat pula memperoleh penghasilan tambahan dengan melayani insinerasi limbah rumah sakit yang berasal dari rumah sakit lain. Insinerator modern yang baik tentu saja memiliki beberapa keuntungan antara lain kemampuannya menampung limbah klinik maupun bukan klinik, termasuk benda tajam dan produk farmasi yang tidak terpakai (Rostiyanti dan Sulaiman, 2001).

Jika fasilitas insinerasi tidak tersedia, limbah klinik dapat ditimbun dengan kapur dan ditanam. Langkah-langkah pengapuran (*liming*) tersebut meliputi yang berikut (Djoko, 2001) :

- Menggali lubang, dengan kedalaman sekitar 2,5 meter.
- Tebarkan limbah klinik didasar lubang sampai setinggi 75 cm.
- Tambahkan lapisan kapur.
- Lapisan limbah yang ditimbun lapisan kapur masih bisa ditambahkan sampai ketinggian 0,5 meter dibawah permukaan tanah.
- Akhirnya lubang tersebut harus ditutup dengan tanah.

2.4 Pengolahan Limbah Rumah Sakit

Pengolahan limbah pada dasarnya merupakan upaya mengurangi volume, konsentrasi, atau bahaya limbah, setelah proses produksi atau kegiatan, melalui proses fisika, kimia, atau hayati. Dalam pelaksanaan pengelolaan limbah, upaya pertama yang harus dilakukan adalah upaya preventif yaitu mengurangi volume bahaya limbah yang dikeluarkan ke lingkungan yang meliputi upaya mengurangi limbah pada sumbernya, serta upaya pemanfaatan limbah. Program minimisasi limbah di Indonesia baru mulai digalakkan dan bagi rumah sakit masih merupakan sebuah hal yang baru, yang tujuannya untuk mengurangi jumlah limbah dan pengolahan limbah yang masih mempunyai nilai ekonomi.

Berbagai upaya telah dipergunakan untuk mengungkapkan pilihan teknologi mana yang terbaik untuk pengolahan limbah, khususnya limbah berbahaya antara lain reduksi limbah (*waste reduction*), minimisasi limbah (*waste minimization*), pemberantasan limbah (*waste abatement*), pencegahan pencemaran (*waste prevention*) dan reduksi pada sumbernya (*source reduction*).

Reduksi limbah pada sumbernya merupakan upaya yang harus dilaksanakan pertama kalinya karena upaya ini bersifat preventif yaitu mencegah atau mengurangi terjadinya limbah yang keluar dan proses produksi. Reduksi limbah pada sumbernya adalah upaya mengurangi volume, konsentrasi, toksisitas dan tingkat bahaya limbah yang akan keluar ke lingkungan secara preventif langsung pada sumber pencemar, hal ini banyak memberikan

keuntungan yakni meningkatkan efisiensi kegiatan serta mengurangi biaya pengolahan limbah dan pelaksanaannya relatif murah. Berbagai cara yang digunakan untuk reduksi limbah pada sumbernya adalah :

- a. *House Keeping* yang baik, usaha ini dilakukan oleh rumah sakit dalam menjaga kebersihan lingkungan dengan mencegah terjadinya ceceran, tumpahan atau kebocoran bahan serta menangani limbah yang terjadi dengan sebaik mungkin.
- b. Segregasi aliran limbah, yakni memisahkan berbagai jenis aliran limbah menurut jenis komponen, konsentrasi atau keadaanya, sehingga dapat mempermudah, mengurangi volume, atau mengurangi biaya pengolahan limbah.
- c. Pelaksanaan preventive maintenance, yakni pemeliharaan/penggantian alat atau bagian alat menurut waktu yang telah dijadwalkan.
- d. Pengelolaan bahan (*material inventory*), adalah suatu upaya agar persediaan bahan selalu cukup untuk menjamin kelancaran proses kegiatan, tetapi tidak berlebihan sehingga tidak menimbulkan gangguan lingkungan, sedangkan penyimpanan agar tetap rapi dan terkontrol.
- e. Pengaturan kondisi proses dan operasi yang baik: sesuai dengan petunjuk pengoperasian/penggunaan alat dapat meningkatkan efisiensi.
- f. Penggunaan teknologi bersih yakni pemilihan teknologi proses kegiatan yang kurang potensi untuk mengeluarkan limbah B3 dengan efisiensi yang cukup tinggi, sebaiknya dilakukan pada saat pengembangan rumah sakit baru atau penggantian sebagian unitnya.

2.5 Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair rumah sakit merupakan seluruh buangan cair yang bersumber dari hasil proses semua kegiatan rumah sakit yang mencakupi: limbah domestik cair yaitu buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, limbah cair medis seperti air limbah yang bersumber dari kegiatan medis rumah sakit misalnya air bekas cucian luka, cucian darah, air limbah laboratorium dan lainnya.

Limbah rumah sakit bisa mengandung bermacam-macam mikroorganisme tergantung pada jenis rumah sakit, tingkat pengolahan yang dilakukan sebelum dibuang, dan jenis sarana yang ada. Selain itu limbah rumah sakit seperti halnya limbah lain akan mengandung bahan-bahan organik dan anorganik, yang tingkat kandungannya dapat ditentukan dengan uji air kotor pada umumnya seperti BOD, COD, TSS, dan lain-lain (Depkes RI, 1994).

Berdasarkan hasil analisa kimia terhadap beberapa contoh air limbah rumah sakit yang ada di DKI Jakarta menunjukkan kalau konsentrasi senyawa pencemar sangat bervariasi misalnya, BOD 31,52 – 675,33 mg/l, ammonia 10,79 – 158,73 mg/l, deterjen (MBAS) 1,66 – 9,79 mg/l. Hal ini mungkin diakibatkan karena sumber air limbah yang bervariasi sehingga faktor waktu dan metode pengambilan contoh sangat mempengaruhi besarnya konsentrasi.

Tabel 2.1. Karakteristik Air Limbah Beberapa Rumah Sakit di Jakarta

No.	Parameter (mg/l)	Minimum	Maksimum	Rata-Rata
1	BOD	31,35	675,33	353,43
2	COD	46,62	1183,4	615,01
3	KMnO ₄	69,84	739,56	404,7
4	Ammonia	10,79	158,73	84,76
5	Nitrit (NO ₂)	0,013	0,274	0,1435
6	Nitrat (NO ₃)	2,25	8,91	5,58
7	Khlorida (Cl)	29,74	103,73	66,735
8	Sulfat (SO ₄)	81,3	120,6	100,96
9	pH	4,92	8,99	6,96
10	Zat padat tersuspensi (SS)	27,5	211	119,25
11	Deterjen (MBAS)	1,66	9,79	5,725
12	Minyak/lemak	1	125	63
13	Cadmium (Cd)	Ttd	0,016	0,008
14	Timbal (Pb)	0,002	0,04	0,021
15	Tembaga (Cu)	Ttd	0,49	0,245
16	Besi (Fe)	0,19	70	35,1
17	Warna (Skala Pt-Co)	31	150	76
18	Phenol	0,04	0,63	0,335

Sumber : PD PAL JAYA, 1995 dalam Herlambang, 2002

2.5.1 Karakteristik Fisik

Penetapan derajat kekotoran air limbah amat dipengaruhi pada adanya sifat fisik yang gampang terlihat yaitu kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau dan warna juga temperatur.

Padatan (*solids*)

Zat padat yang mampu mengendap adalah zat padat yang hendak mengendap pada kondisi tanpa bergerak atau diam kurang lebih dalam waktu 1 jam sebagai akibat gaya beratnya sendiri. Pengukuran besarnya endapan perlu untuk mengetahui derajat pengendapan dan jumlah endapan yang ada dalam badan air. Jumlah total endapan dapat dideteksi dengan penyaringan terhadap air kotor melalui kertas fiber atau saringan 0,45 mikron dan mengukur berat kering dari material yang terkumpul dalam satuan mg/L. Ketika contoh yang diambil bersumber dari lumpur aktif reaktor air limbah, maka endapan tersebut dikenal dengan MLSS (*Mixed liquor suspended solid*). Hasil endapan ini jika dipanaskan pada suhu 6000°C, maka sebagian bahan akan menguap dan sebagian lagi akan menjadi bahan sisa yang sangat kering.

Bahan yang teruap dikenal sebagai volatile, sedangkan bahan yang tersisa akibat penguapan disebut fixed, dan hasilnya disebut dengan MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Suspended Solid*). Sifat-sifat fisik lainnya terangkum pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Sifat Fisik Air Buangan

Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh
Suhu	Kondisi udara sekitarnya, air panas yang dibuang ke saluran dari rumah maupun industri.	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen/gas lain, kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan
Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti limbah padat, garam, tanah liat, bahan organik yang halus dari buah-buahan asli, algae, organisme kecil	Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan tanaman. Mengotori pemandangan dan mengganggu kehidupan
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman (kulit, gula, besi),	Umumnya tidak berbahaya dan berpengaruh terhadap kualitas estetika air

Lanjutan Tabel 2.2. Sifat Fisik Air Buangan

Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh
Bau	Bahan volatile, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik, minyak utama dari mikroorganisme	Petunjuk adanya pembusukan air limbah, merusak keindahan.
Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion	Mempengaruhi estetika
Benda padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut ataupun tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat, garam, juga merupakan petunjuk pencemaran atau kepekatan limbah meningkat

Sumber: Metcalf dan Eddy, 2004

2.5.2 Karakteristik kimia

Secara umum karakteristik kimia dalam air limbah terbagi menjadi dua, yaitu kimia organik dan anorganik. Jumlah materi organik amat dominan, karena 75% dari zat padat tersuspensi dan 40% zat padat tersaring merupakan bahan organik, yang terdiri dari senyawa karbon, hidrogen, oksigen dan ada juga yang mengandung nitrogen. Sedangkan Materi / senyawa anorganik tersusun dari semua kombinasi elemen yang bukan tersusun dari karbon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri dari grit, sand, dan mineral-mineral, baik, *suspended* maupun *dissolved*.

a. Kimia organik

- Minyak dan lemak: minyak dan lemak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak ditemukan pada air limbah. Minyak dan lemak membentuk ester dan alcohol atau gliserol dengan asam lemak. Gliserid pada asam lemak ini berbentuk cairan pada keadaan biasa dikenal sebagai minyak dan ketika dalam bentuk padat dan kental dikenal sebagai lemak.
- Deterjen atau Surfactant: Surfactant merupakan singkatan dari *surface active agents* yang berasal dari detergent pencuci pakaian. Membentuk busa yang stabil pada saat proses aerasi. Keberadaannya dideteksi dengan menggunakan larutan methylene blue. Nama lain dari surfactant adalah *methylene blue active substance* atau disingkat dengan MBAS.

- *Biochemical Oxygen Demand* (BOD): mendefinisikan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebagai banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme pada waktu melakukan proses dekomposisi bahan organik yang ada di perairan. Parameter yang paling banyak digunakan adalah BOD5 (Sutrisno, 2002).
- *Chemical Oxygen Demand* (COD): merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaerts dan Santika, 1984).

b. Kimia anorganik

- pH (Derajat Keasaman): adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas kondisi asam atau basa suatu larutan. pH juga merupakan suatu bentuk untuk menyatakan konsentrasi ion H^+ .
- Klorida (Cl): Kadar klorida di dalam air alami ditimbulkan dari rembesan klorida yang ada pada batuan dan tanah serta dari daerah pantai dan rembesan air laut. Kotoran manusia mengandung 6 mg klorida untuk setiap orang/hari. Pengolahan secara konvensional masih kurang berhasil untuk dapat menghilangkan bahan ini, dan dengan adanya klorida di dalam air, maka menunjukkan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran atau mendapatkan rembesan dari air laut.
- Logam Berat: Nikel (Ni), magnesium (Mg), timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd), seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe) dan air raksa (Hg) adalah contoh dari logam berat. Beberapa jenis logam biasanya digunakan untuk pertumbuhan kehidupan biologis, misalnya pada pertumbuhan algae ketika tidak ada logam pertumbuhannya terhambat. Akan tetapi, bila jumlahnya berlebihan akan mempengaruhi kegunaannya karena timbulnya daya racun yang dimiliki. Oleh sebab itu, keberadaan zat ini penting diawasi jumlahnya di dalam air limbah.

2.5.3 Karakteristik Biologis

Karakteristik biologis ini dibutuhkan untuk mengukur kualitas air terutama bagi air yang diperuntukkan sebagai air minum dan air bersih. Selain itu, guna menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Parameter yang seiring dipakai adalah banyaknya kandungan mikroorganisme yang ada pada kandungan air limbah.

Mikroorganisme utama yang dijumpai pada pengolahan air buangan adalah :

- a. Bakteri dengan berbagai bentuk (batang, bulat, spiral). Bakteri *Escherichia coli* adalah bakteri yang dapat dijadikan sebagai indikator polusi pada buangan manusia.

- b. Jamur. merupakan organisme yang mendekomposisikan karbon di biosfer dan mampu memecah materi organik, mampu hidup dalam pH rendah, suhu rendah dan juga area rendah.
- c. Algae. Mampu menyebabkan busa dan mengalami perkembangan yang pesat. Algae menjadi asal makanan ikan dan bakteri yang akibatnya adalah kondisi anaerobik.
- d. Protozoa.
- e. Virus.

2.6 Standar Air buangan

2.6.1 Stream Standard

Stream standard menunjukkan kualitas badan air pada kondisi saat dimasukkannya air buangan ke dalam badan air tersebut. Standar ini sangat dipengaruhi oleh kualitas badan air itu sendiri yang selama pengalirannya mendapati perubahan debit dan kualitas. meskipun demikian, standar ini cukup bagus karena memperhatikan kemampuan badan air untuk menerima air buangan, terutama jika sumber air buangannya lebih dari satu, sehingga diharapkan mampu terjadi *self purification* di dalam badan air. Kesulitan yang dihadapi dalam penerapannya adalah memprediksi fluktuasi debit dan kualitas badan air penerima. *Stream standard* ialah ambang batas yang ditentukan sebagai syarat kualitas akhir badan air penerima, dengan memperhatikan kemampuan sungai untuk menerima air buangan, pengenceran dan *self purification*. *Stream standard* pada umumnya dipergunakan pada sungai yang kondisinya masih baik.

2.6.2 Effluent Standard

Effluent standard adalah suatu batasan atau baku mutu konsentrasi air buangan yang boleh dibuang dan dikeluarkan ke badan air penerima tanpa memperhatikan kondisi badan air penerima. *Standard* ini lebih baik untuk dipergunakan sebab lebih aman dari terjadinya pencemaran. Oleh tetapi penetapan standar ini akan lebih memberatkan pada pelaku usahawan karena beban yang mesti diolah oleh instalasi pengolahan air limbah akan semakin berat. Sistem ini juga akan berakibat buruk ketika badan air penerima kering, sehingga badan air tersebut hanya akan berisi *Effluent* air buangan dan akan mengalami kesulitan dalam melakukan *self purification*. Biasanya kriteria yang ditetapkan pada standard ini lebih ketat dibandingkan standard pertama, kecuali bila debit badan air penerima amat kecil. Mengenai beberapa hal yang dapat menjadi pertimbangan dalam pemilihan standard adalah :

1. Kondisi badan air penerima yang mengenai segi kuantitas dan kualitas badan air dalam menerima limpasan air buangan. Dari segi kualitas merupakan tentang pengaruh yang mungkin timbul jika badan air tersebut menerima buangan terutama mengenai masalah

pencemaran dan self purification (kemampuan memurnikan diri badan air tersebut). Sedangkan dari kuantitas ialah berkaitan dengan kemampuan badan air tersebut untuk mengencerkan air buangan yang diterimanya. Bila debit air buangan lebih besar dari debit badan air penerima maka penerapan *Effluent* standard akan lebih baik sebab memiliki *safety factor* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan *stream standard*.

2. Tata guna air atau pemanfaatannya dari badan air penerima tersebut, ketika badan air tersebut digunakan sebagai badan air penerima hasil pengolahan air buangan, tidak akan mengganggu atau membahayakan pemanfaatannya.
3. Jumlah kegiatan yang menggunakan suatu badan air menjadi penerima hasil pengolahan air buangnya. Pada badan air dimana banyak industri atau kegiatan yang membuang air hasil pengolahan air buangnya maka akan lebih baik bila diberlakukan *stream standard*.

2.7 Karakteristik Air Buangan

Untuk memahami lebih jauh tentang air buangan, maka penting diketahui juga secara detail mengenai kandungan yang ada pada air limbah dan juga sifat-sifatnya, yaitu:

- Sifat Fisik
- Sifat Kimia
- Sifat Biologis

Tabel 2.3. Karakteristik Air Buangan Berdasarkan Sumber Pencemar

Karakteristik	Sumber
Karakteristik Fisik	
Warna	Domestik dan buangan industri, peluruhan alami materi organik
Bau	Dekomposisi air buangan, buangan industri
Partikel Padat	Supply air domestik, buangan industri dan domestik, erosi tanah, inflow/infiltration
Suhu	Buangan domestik dan industri
Karakteristik kimia	
Organik	
Karbohidrat	Buangan domestik, komersial dan industri
Minyak, lemak	Buangan domestik, komersial dan industri
Pestisida	Buangan pertanian

Lanjutan Tabel 2.3. Karakteristik Air Buangan Berdasarkan Sumber Pencemar

Karakteristik	Sumber
Fenol	Buangan industri
Protein	Buangan domestik, komersial dan industri
Polutan utama	Buangan domestik, komersial dan industri
Surfactant	Buangan domestik, komersial dan industri
Volatile organik	Buangan domestik, komersial dan industri
Lain-lain	Peluruhan alami dari material organik
Inorganic	
Alkalinitas	Buangan domestik, Supply air domestik, infiltrasi air tanah
Chlorida	Buangan domestik, Supply air domestik, infiltrasi air tanah
Logam berat	Buangan industri
Nitrogen	Buangan domestik dan pertanian
Karakteristik	Sumber
pH	Buangan domestik, komersial dan industri
Fosfor	Buangan domestik, komersial dan industri ; limpasan alami
Polutan utama	Buangan domestik, komersial dan industri
Sulfur	Buangan domestik, komersial dan industri;
H ₂ S	Dekomposisi buangan domestik
Metan	Dekomposisi buangan domestik
Oksigen	Supply air domestik, infiltrasi air permukaan
Karakteristik biologi	
Hewam	Anak sungai, dan bangunan pengolahan
Tumbuhan	Anak sungai, dan bangunan pengolahan
Protista:	
Virus	Buangan Domestik
Eubacteria	Buangan domestik, infiltrasi dari air permukaan,

Sumber: Metcalf & Eddy, 1991

Selain itu, hal yang penting dipahami untuk mengetahui karakteristik dari suatu pencemar, penting diketahui sumber pencemar tersebut. Keberadaan sumber akan

menentukan karakteristik dari pencemar. Berikut ini adalah tabel pencemar beserta penyebab keberadaan pencemar tersebut dalam air buangan:

Tabel 2.4. Pencemar Penting dan Penyebabnya

Sumber Pencemar	Alasan
<i>Suspended load</i>	<i>Suspended Solid</i> dapat mengakibatkan lumpur yang berlebih dan kondisi anaerobik ketika air buangan yang tidak diolah dialirkan ke lingkungan akuatik.
Organik yang dapat di degradasi secara biologi	Terdiri atas protein, karbohidrat, lemak. Diukur dengan BOD atau COD. Jika komponen ini berlebih menyebabkan berkurangnya sumber O ₂ dan dapat menyebabkan kondisi infeksi.
Sumber Pencemar	Alasan
Pathogen	Penyakit menular disebabkan mikroorganisme
Nutrisi	Baik nitrogen maupun fosfor bersama karbon jika berlebih dalam lingkungan air dapat menyebabkan pencemaran. Demikian pula jika nutrisi ini mencemari tanah akan mengakibatkan polusi air tanah
Polutan utama	Baik komponen organik dan inorganik dapat menyebabkan kanker mutasi.
Organik yang sukar diurai	Organik ini sulit diuraikan dengan metoda konvensional biasa. Contohnya : <i>Surfactant</i> ,
Logam berat	Didapat dari aktivitas komersial dan industri. Logam ini harus dibuang jika air buangan hendak digunakan kembali.
Inorganik terlarut	Komponen inorganik seperti kalsium, sodium, dan sulfat yang terdapat pada supply air domestik
Pathogen	Penyakit menular dapat disebabkan oleh mikroorganisme patogen dalam air buangan.

Sumber: Metcalf & Eddy, 2004

2.7.1 Karakteristik Fisik Air Buangan

Penetapan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang gampang terlihat yaitu kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta warna dan bau juga temperatur.

total endapan pada sampel air merupakan sisa penguapan dari sampel air limbah dalam suhu 103-1050°C. Beberapa komposisi air limbah akan lenyap apabila dilakukan pemanasan secara lambat. Jumlah total endapan terdiri atas benda-benda yang mengendap, terlarut, tercampur. Untuk melakukan pemeriksaan ini bisa dilakukan dengan cara mengadakan pemisahan air buangan dengan memperhatikan besar kecilnya partikel yang ada di dalamnya. Air limbah yang mengandung partikel dengan ukuran besar memudahkan proses pengendapan yang berlangsung, sedangkan ketika air limbah tersebut berisi partikel yang sangat kecil ukurannya akan menyulitkan dalam proses pengendapan, sehingga harus dipilih cara pengendapan yang lebih baik dan menggunakan teknologi yang lebih canggih.

Penggolongan penyaringan partikel berlandaskan ukuran inilah yang digunakan sebagai pertimbangan, sehingga pada tes analitik dilakukan pemisahan menjadi 3 golongan besar, yaitu:

- Golongan zat yang bersifat koloid
- Golongan zat padat yang terlarut
- Golongan zat yang mengendap

2.7.2 Karakteristik Kimia Air Buangan

Kandungan bahan kimia yang ada pada air limbah bisa merugikan lingkungan. Bahan organik terlarut mampu menghabiskan oksigen pada limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap dalam pengolahan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya jika bahan tersebut merupakan bahan yang beracun. Adapun bahan kimia yang penting yang ada di dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Bahan *organic*

Air limbah dengan pengotoran yang sedang terdiri atas 75% benda-benda tercampur dan 40% zat padat yang dapat disaring ialah berupa bahan organik alami. Pada umumnya zat organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama dengan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti besi, belerang, dan fosfor bisa juga dijumpai. Pada umumnya kandungan bahan organik yang ada pada air buangan ialah 10% berupa minyak dan lemak, 25-50% berupa karbohidrat serta 40-60% lainnya berupa protein. Urea sebagai kandungan bahan terbanyak di dalam urine, merupakan bagian penting yang lain dalam bahan organik, karena bahan

ini diuraikan secara cepat dan jarang didapati urea yang tidak terurai berada di dalam air buangan.

Untuk menganalisis bahan organik secara keseluruhan adalah tidak spesifik dan tidak memberikan perbedaan yang komplit bila bahan organik berada dalam air buangan. Mikroba yang ada pada air buangan akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, bahan buangan, serta gas.

Bila bahan organik yang belum diolah dan dibuang ke badan air, maka bakteri akan menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya. Oksigen diambil dari yang terlarut pada air, dan ketika pemberian oksigen tidak seimbang dengan kebutuhannya, maka oksigen yang terlarut akan turun mencapai titik nol, dengan demikian kehidupan dalam air akan mati. Untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik pada air limbah, digunakan satuan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), dalam ukuran mg/L. Semakin tinggi angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah yang makin besar.

- Bahan anorganik

Beberapa komponen anorganik dari air limbah dan air alami sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air minum. total kandungan bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh formasi geologis dari asal air atau limbah bersumber.

- a. Klorida

Kadar klorida pada air alami dihasilkan dari rembesan klorida yang ada pada batuan dan tanah serta dari daerah pantai dan rembesan air laut. Kotoran manusia mengandung 6 mg klorida untuk setiap orang/hari. Pengolahan secara konvensional masih kurang berhasil untuk menghilangkan bahan ini, dan dengan adanya klorida pada air, maka menunjukkan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran atau mendapatkan rembesan dari air laut.

- b. Kebebasan (alkalinitas)

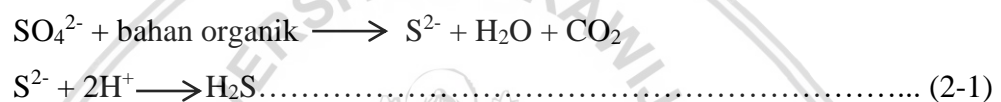
Kebasaan ialah hasil dari adanya hidroksi karbonat dan bikarbonat yang berupa kalsium, magnesium, sodium, potassium atau amoniak. pada hal ini, yang paling utama ialah basa yang diterimanya dalam penyediaan air, air tanah dan bahan tambahan selama difungsikan di rumah. Pada air alam alkalinitas sebagian besar dikarenakan oleh adanya bikarbonat, dan sisanya oleh karbonat dan hidroksida. Dalam keadaan tertentu (siang hari) adanya ganggang dan lumut dalam air

mengakibatkan turunnya kadar karbon dioksida dan bikarbonat. Dalam keadaan seperti ini kadar karbonat dan hidroksida naik, dan menyebabkan pH larutan naik.

Jika pada air buangan alkalinitas terlalu tinggi, air menjadi agresif dan menyebabkan karat pada pipa, sebaliknya apabila alkalinitas rendah dan tidak seimbang dengan kesadahan dapat menyebabkan kerak CaCO_3 pada dinding saluran yang bisa memperkecil penampang basah saluran. Alkalinitas tinggi juga menggambarkan adanya senyawa garam dari asam lemah seperti asam asetat, propionat, amoniak dan sulfit. Alkalinitas juga merupakan parameter pengontrol untuk *anaerobic digester* dan instalasi lumpur aktif.

c. Sulfur

Sulfur alami terbentuk secara alami dalam banyak penyediaan air dan juga dalam air buangan. Sulfat bisa diubah menjadi sulfit dan hidrogen sulfit oleh bakteri pada situasi anaerob.



Kemudian H_2S bisa dioksidasi secara biologis menjadi asam sulfat, dan bahan ini ialah penyebab timbulnya karat dalam sistem perpipaan dan jika dibakar pada mesin akan menyebabkan kerusakan pada peralatan terutama jika dilewatkan pada kondisi dingin dibawah titik bekunya. Sulfat diubah menjadi sulfit pada tangki pencernaan lumpur.

d. Nitrogen

Secara bersama-sama, antara nitrogen dan fosfor menghasilkan kenaikan yang perlu diperhatikan. karena bahan ini meningkatkan pertumbuhan algae dan tumbuhan air. Nitrogen pada air dengan cepat akan berubah menjadi nitrogen organik atau amoniak-nitrogen. Pemindahan dari nitrogen organik ke dalam amoniak juga dimasukkan pada tipe pengolahan air kotor secara biologis. Amoniak kemudian dipergunakan dengan bakteri untuk sel tiruan dengan menghasilkan oksidasi ke nitrit atau nitrat. Nitrit akan cepat bertransformasi menjadi nitrat melalui oksidasi.

e. Fosfor

Fosfor ada pada air limbah melalui hasil buangan manusia, air seni, dan melalui komponen fosfat bisa digunakan untuk membuat sabun sebagai pembentuk buih. Dari setiap sumber tersebut akan menambah jumlah total dari fosfor. Sebagian fosfor pada limbah domestik ialah dalam bentuk anorganik dengan ortofosfat (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-) meningkatkan sebanyak 25% dari seluruh total fosfat. Pada

proses biologis pada air limbah yang diolah jenis polifosfat ke dalam ortofosfat. Air limbah domestik banyak sekali mengandung nitrat dan fosfor.

f. Gas

Banyak gas-gas termuat dalam air. Oksigen (O_2) ialah gas penting. Oksigen terlarut selalu diperlukan guna pernafasan mikroorganisme aerob dan kehidupan lainnya. Apabila oksigen berada dalam nilai ambang rendah, maka bau-bauan yang berbahaya akan dihasilkan, karena unsur karbon berubah menjadi metan, termasuk CO_2 dan sulfur. Sulfur akan berubah menjadi amonia (NH_3) atau teroksidasi menjadi nitrit.

2.7.3 Karakteristik Biologis Air Limbah

Karakteristik biologi ini dibutuhkan untuk mengukur kualitas air terutama untuk air yang difungsikan sebagai air minum dan air bersih. Selain itu, untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Parameter yang seiring digunakan ialah banyaknya kandungan mikroorganisme yang ada pada kandungan air limbah.

Mikroorganisme utama yang dijumpai pada pengolahan air buangan adalah :

- Bakteri dengan berbagai bentuk (batang, bulat, spiral). Bakteri *Escherichia coli* adalah bakteri yang dapat dijadikan sebagai indikator polusi pada buangan manusia.
- Jamur. merupakan organisme yang mendekomposisikan karbon di biosfer dan mampu memecah materi organik, mampu hidup dalam pH rendah, suhu rendah dan juga area rendah.
- Algae. Mampu menyebabkan busa dan mengalami perkembangan yang pesat. Algae menjadi asal makanan ikan dan bakteri yang akibatnya adalah kondisi anaerobik.
- Protozoa.
- Virus.

2.8 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

2.8.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Ditujukan guna menghilangkan bahan-bahan yang dapat mengganggu proses atau unit-unit pengolahan. Pengolahan pendahuluan amat penting sebagai dasar berhasil atau tidaknya proses pengolahan selanjutnya.

- ***Bar Screen***

Berguna untuk menyaring benda-benda kasar yang ada pada air limbah. *Bar Screen* umumnya terbuat dari batangan besi atau baja yang dipasang sejajar membentuk kerangka yang kuat. Kisi-kisi tersebut dipasang melintang pada saluran sebelum unit

pengolahan selanjutnya, membentuk sudut 30° sampai 60° terhadap bidang datar saluran (Seelye,1960).

- **Ekualisasi**

Ekualisasi digunakan untuk mengatasi permasalahan operasional yang disebabkan oleh variasi debit, untuk meningkatkan kinerja proses selanjutnya, dan untuk meminimalkan ukuran dan pengurangan biaya dari fasilitas. Menurut Metcalf dan Eddy (2004), Parameter desain yang penting pada unit ekualisasi adalah waktu tinggal ($t_d < 2$ jam) dan kedalaman bak (1,5 – 2 m).

2.8.2 Pengolahan Tingkat Kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan tahap kedua pada prinsipnya bertujuan menghilangkan zat organik terlarut dan *suspended solid* didalam limbah cair [12]. Berikut pengolahan tingkat kedua yang umum dipakai dalam sistem pengolahan limbah cair:

- **Sedimentasi**

Sedimentasi bisa berbentuk lingkaran atau segi empat. Pada saat ini aliran air limbah sangat tenang untuk mengendap. Kriteria-kriteria yang dibutuhkan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi ialah : *surface loading* (beban permukaan), kedalaman bak, dan waktu tinggal. Cara menghitung beban permukaan adalah:

$$V_o = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2-2)$$

V_o = Laju limpahan/ beban permukaan (m^3/m^2 hari)

Q = aliran rata-rata harian (m^3 /hari)

A = Total luas permukaan (m^2)

Surface loading sering juga disebut dengan istilah *overflow rate*.

Tabel 2.5. Kriteria Desain Unit Sedimentasi

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Besaran
1	Waktu detensi	T_d	Jam	1-2
2	Overflow rate	V_o	m^3 / m^2 hari	20-30
3	Beban pelimpah		m^3 / m^2 hari	124-370
4	Kedalaman	D	m	3-6

Sumber: Wastewater Treatment, Syed R. Qasim, 1985

Waktu tinggal dihitung dengan membagi volume bak dengan laju aliran masuk

$$t = 24xV / Q \dots \dots (2-3)$$

t = Waktu tinggal (jam)

V = Volume bak (m^3)

Q = Laju rata-rata harian ($m^3/hari$)

Sedangkan untuk menghitung persentase removal dari BOD dan TSS pada unit sedimentasi adalah dengan menggunakan rumus [13]:

$$\%BOD\ Removal = \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-4)$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{TSS_{in} - TSS_{out}}{TSS_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-5)$$

Selain beberapa perhitungan tersebut, pada unit *clarifier* ini dapat pula dihitung produksi lumpur removal rate dari produksi lumpur adalah 63%[13]. Berikut ini adalah cara perhitungan yang digunakan:

- Jumlah produksi lumpur perhari
= Nilai TSS Influent (g/m^3) x Removal Rate Lumpur x (debit rata-rata limbah(m^3/s)) x 86.400 s/d x kg/1000g (2-6)

- Produksi lumpur unit clarifier setiap menit

Untuk menghitung produksi lumpur permenit di unit *clarifier* ini, maka akan digunakan asumsi bahwa *specific gravity* dari lumpur adalah 1,03, dan lumpur mengandung 4,5% *solid*

- Menghitung kapasitas pompa

• Bioreaktor

Bioreaktor atau dikenal juga dengan nama fermentor adalah sebuah sistem yang mampu menyediakan sebuah lingkungan biologis yang dapat menunjang terjadinya reaksi biokimia dari bahan mentah menjadi materi yang dikehendaki. Reaksi biokimia yang terjadi di dalam bioreaktor melibatkan organisme atau komponen biokimia aktif (enzim) yang berasal dari organisme tertentu, baik secara aerobik maupun anaerobik. Sementara itu, agens biologis yang digunakan dapat berada dalam keadaan tersuspensi atau terimobilisasi.

Komponen utama bioreaktor terdiri atas tangki, sparger, impeller, saringan halus atau baffle dan sensor untuk mengontrol parameter [19]. Tanki berfungsi untuk menampung campuran substrat, sel mikroorganisme, serta produk. Volume tanki skala laboratorium berkisar antara 1 – 30 L, sedangkan untuk skala industri dapat mencapai lebih dari 1 000 L.

- *Sparger* terletak di bagian bawah bioreaktor dan berperan untuk memompa udara, dan mencegah pembentukan gelembung oksigen.

- Impeller berperan dalam agitasi dengan mengaduk campuran substrat dan sel. Impeller digerakkan oleh rotor.
- Baffle berperan untuk mencegah terjadinya efek pusaran air akibat agitasi yang dapat mengganggu agitasi yang seharusnya.
- Sensor berperan untuk mengontrol lingkungan dalam bioreaktor [20]. Kontrol fisika meliputi sensor suhu, tekanan, agitasi, foam, dan kecepatan aliran. Sedangkan, kontrol kimia meliputi sensor pH, kadar oksigen, dan perubahan komposisi medium

Pada prinsipnya, ada dua komponen penting dalam proses biologis, yaitu biokatalis (berupa sel katalis atau makhluk hidup) dan keadaan lingkungan untuk berlangsungnya setiap reaksi metabolisme sel dibutuhkan enzim spesifik yang bertindak menjadi biokatalis. Bahan penyusun utama biokatalis berupa protein, yang mampu berfungsi dalam lingkungan yang sesuai. Lingkungan optimal bisa dicapai dengan menempatkan biokatalis pada wahana wahana yang disebut dengan bioreaktor.

Bioreaktor memberikan lingkungan fisik sehingga sel/biokatalis mampu melakukan interaksi dengan lingkungan dan nutrisi yang dimasukkan ke dalamnya. Bioreaktor sebagai wahana bioproses memegang peranan penting untuk mendayagunakan reaksi-reaksi biokimiawi yang dilakukan oleh sel (mikroba, tanaman, dan hewan) atau enzim. Pemilihan bioreaktor sangat ditentukan oleh jenis makhluk hidup yang dipakai, sifat media tumbuh makhluk hidup tersebut, parameter bioproses yang akan dicapai, dan faktor-faktor produksi.

Optimalisasi proses biologis pada bioreaktor bisa diperoleh dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Nutrisi
- Inokulum sel atau makhluk hidup yang unggul
- Kondisi fisikokimiawi yang optimal
- Sumber energi

Fungsi utama bioreaktor adalah guna memberi kondisi lingkungan optimal dan terkendali dengan baik bagi biokatalis. Dengan demikian ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan pada perancangan bioreaktor, yaitu:

- Bentuk bioreaktor mudah untuk dioperasikan dan mudah pula dalam pemeliharaan
- Agitasi dan aerasi harus bisa diatur sesuai dengan kebutuhan biokatalis untuk melakukan metabolisme secara optimal

- Pengendalian suhu, pH, dan faktor fisikokimia lain merupakan bagian perlengkapan bioreactor.
- Bentuk geometri serupa pada penggandaan skala, karena umumnya bioreaktor diuji terlebih dahulu dalam skala kecil.
- Proses evaporasi diupayakan tidak berlebihan.
- Konsumsi energi untuk pengoperasian dibuat seminimal mungkin.
- Proses evaporasi diupayakan tidak berlebihan.

Untuk kriteria desain dari reaktor, adalah seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.6. Kriteria Desain Bioreaktor

Kriteria Desain	Dimensi
Tinggi (kedalaman reaktor)	1,8 - 9,1 m
Lebar Tangki	1,5 – 2 kali tinggi tangki
Panjang Tangki	5 kali lebar tangki

Sumber : Reynold dan Richard, 1996

• **Lumpur Aktif (*activated sludge*)**

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan sistem biakan tersuspensi telah dipakai secara luas di seluruh dunia untuk pengolahan air limbah domestik. Proses ini secara prinsip adalah proses aerobik dimana senyawa organik dioksidasi menjadi CO₂ dan H₂O, NH₄ dan sel biomassa baru. Untuk suplai oksigen biasanya dengan menghembuskan udara secara mekanik. Sistem pengolahan air limbah dengan biakan tersuspensi yang paling umum dan telah difungsikan secara luas yakni proses pengolahan dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge processes*).

Sedangkan parameter penting dalam pengolahan lumpur aktif adalah :

- Beban BOD (*BOD loading rate* atau *volumetric loading rate*). Beban BOD yaitu jumlah massa BOD pada air limbah yang masuk dibagi volume reaktor. Persamaan yang digunakan adalah :

$$\text{Beban BOD} = \frac{QxSo}{V} \dots\dots\dots (2-7)$$

Q = Debit air limbah (m³/hari)

So = Konsentrasi BOD dalam air limbah yang masuk (kg/m³)

V = Volume reaktor (m³)

- *Mixed liquor suspended solid* (MLSS). Isi di dalam bak aerasi pada proses pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai *Mixed liquor* yang merupakan

campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya adalah mikroorganisme.

- *Mixed liquor volatile suspended solid (MLVSS)*. Porsi material organik pada MLSS diwakili oleh MLVSS, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel.
- *Food to microorganism ratio* atau *food to mass ratio*, disingkat F/M ratio. Parameter ini menunjukkan jumlah zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisme di dalam bak aerasi atau reaktor. Biasanya nilai F/M ratio umumnya ditunjukkan dalam kilogram BOD per kilogram MLSS per hari. Persamaannya adalah :

$$\frac{F}{M} = \frac{Q(S_0 - S)}{MLSS \times V} \dots \dots \dots (2-8)$$

Q = Debit air limbah (m³/hari)

S₀ = Konsentrasi BOD dalam air limbah yang masuk (kg/m³)

S = Konsentrasi BOD dalam air limbah yang keluar (kg/m³)

V = Volume reaktor (m³)

MLSS = *Mixed Liquor suspended solid* (kg/m³)

- *Hydraulic retention time (HRT)*. Waktu tinggal hidrolis (HRT) adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh larutan untuk masuk dalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif. Nilainya berbanding terbalik dengan laju pengenceran. Persamaan yang digunakan :

$$HRT = \frac{1}{D} = \frac{V}{Q} \dots \dots \dots (2-9)$$

V = Volume reaktor bak aerasi (m³/hari)

Q = Debit air limbah (m³/hari)

D = laju pengenceran (jam⁻¹)

- Rasio sirkulasi lumpur. Rasio sirkulasi lumpur adalah perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasi ke bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke bak aerasi.
- Umur lumpur, atau sering disebut waktu tinggal rata-rata sel (*mean cell resident time*). Parameter ini menunjukkan waktu tinggal rata-rata mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam bak aerasi dapat dalam hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba. Persamaan yang digunakan adalah :

$$umurlumpur(hari) = \frac{MLSS \times V}{SS_{ex}Q_e + SS_w \times Q_w} \dots\dots\dots (2-10)$$

MLSS = *Mixed Liquor suspended solid* (kg/m³)

SSE = padatan tersuspensi dalam *Effluent* (mg/l)

SSW = Padatan tersuspensi dalam lumpur limbah (mg/l)

V = Volume reaktor bak aerasi (m³)

Q_e = Laju efluen limbah (m³/hari)

Q_w = Laju influen limbah (m³/hari)

- SVI (*Sludge Volume Index*). Volume mengendap sludge dari satu liter sampel selama 30 menit dibagi berat *sludge* kering per 1 liter *slugde*. Harga SVI < 100 dapat mengendap dengan baik, sedangkan SVI > 100 terjadi *bulking*. Pada pengolahan lumpur aktif secara konvensional dengan MLSS < 3.500 mg/l diperoleh nilai SVI normal antara 50 hingga 150 ml/gr.

Tabel 2.7. Kriteria Desain untuk *Conventional Activated Sludge*

<i>Tipe</i> <i>Activated</i> <i>Sludge</i>	Θ _c day- 1	F/M kg BOD/k g	VL kg BOD/m ³	Θ hour	MLSS mg/L	<i>Recycle</i> <i>ratio,</i> Q _r /Q	<i>Flow</i> <i>regime</i>	Efisiensi penyisihan BOD, %	Suplai udara, m ³ /kg BOD5
<i>Conventional</i> <i>Activated</i> <i>Sludge</i>	4-15	0.2-0.4	0,3-0,6	4-8	1500 - 3000	0,25- 0,50	PF	85-95	45-90

Sumber: Metcalf & Eddy, 2004

2.8.3 Pengolahan tingkat ketiga (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan ini merupakan kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh sebab itu, pengolahan jenis ini baru akan dipergunakan jika pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya untuk masyarakat umum.

- Filtrasi

Filtrasi adalah pemisahan padat-cairan dimana cairan melalui media atau material untuk menyaring sebanyak mungkin suspended solids. Pada pengolahan air buangan filtrasi difungsikan untuk menyaring efluen dari pengolahan tahap kedua, yang telah diolah secara kimia, dan air limbah yang diolah menggunakan bahan kimia. Kecepatan

filtrasi untuk jenis open filter konvensional adalah 4 – 10 m/jam. Dimana kecepatan aliran pada bak filtrasi bisa dihitung dengan rumus $V_a = Q/A$.

- Disinfeksi/Klorinasi

Disinfeksi adalah proses untuk membunuh mikroorganisme patogen [14]. Disinfeksi bisa menggunakan klor, ozon, dan sinar ultraviolet. Desinfeksi dengan memakai klor selain dapat membunuh mikroorganisme patogen, juga dapat menghilangkan amoniak.

Proses ini merupakan proses terakhir dalam pengolahan air buangan, yaitu dengan membubuhkan khlor yang bertujuan untuk :

- Mereduksi bakteri golongan Coli dengan penambahan chlor sampai melewati *break event point*, sehingga terdapat chlor bebas.
- Penurunan ammonia bebas dengan *breakpoint chlorination*

Disinfeksi berguna untuk menghilangkan bakteri yang terdapat pada air buangan, khususnya bakteri golongan coli. Desinfeksi yang sering dipakai adalah Chlor (Cl_2) atau kaporit ($Ca(OCl)_2$). Sebelum digunakan kaporit ini dilarutkan dalam air. Kadar Chlor dalam kaporit umumnya 70 %, sedangkan kadar Khlor dalam Cl_2 dipasaran sampai 65 %. Untuk mendapatkan hasil yang baik, maka pencampuran chlor dan air buangan harus dibuat dengan dosis yang tepat.

2.8.4. Pengolahan Lumpur

Sludge drying beds adalah salah satu teknik pengeringan lumpur konvensional yang sering digunakan. Tipikal lapisan terdiri atas pasir kasar dengan tebal 15 – 25 cm di dasarnya dan lapisan di atasnya di beri batu pecah. Di dasar juga diberi *Effluent* berupa pipa berlubang sebagai underdrainnya. *Effluent* dari underdrain terkadang juga dikembalikan lagi ke unit pengolahan. Tipikal bentuk *sludge drying bed* umumnya persegi panjang. Lumpur dihamparkan pada *beds* dengan ketebalan 20 – 30 cm dan dibiarkan mengering. Periode pengeringan umumnya 10 – 15 hari.

Menurut Syed Qasim (1985) kriteria desain SDB adalah sebagai berikut:

- *Loading rate* = 150 – 400 kg/m² .tahun
- Tebal lapisan lumpur = 20 – 30 cm
- Tebal lapisan *bed* = 20 – 60 cm
- Rasio P:L = 1 – 4

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Rumah Sakit

Menurut WHO (1957), Rumah sakit adalah suatu bagian menyeluruh, (integrasi) dari medis dan organisasi, berfungsi memberikan pelayanan kesehatan lengkap kepada masyarakat baik kuratif maupun rehabilitatif, dimana output layanannya menjangkau pelayanan keluarga dan lingkungan. Rumah sakit juga merupakan pusat pelayanan rujukan medik spesialis dan sub spesialis dengan fungsi utama menyediakan dan mengadakan upaya kesehatan yang bersifat pemulihan (rehabilitasi pasien) dan penyembuhan (kuratif).

Rumah sakit merupakan sarana upaya perbaikan kesehatan yang melaksanakan pelayanan kesehatan dan dapat dimanfaatkan pula sebagai lembaga pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian. Pelayanan kesehatan yang dilakukan rumah sakit berupa kegiatan penyembuhan penderita dan pemulihan keadaan cacat badan serta jiwa. Jika diamati dari sudut pandang pelayanannya, rumah sakit juga dapat diartikan sebagai sarana supaya kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan yang meliputi rawat jalan, rawat inap, pelayanan gawat darurat, pelayanan medik dan non medik yang dalam melakukan proses kegiatan hasilnya dapat mempengaruhi lingkungan sosial, budaya dan dalam menyelenggarakan upaya dimaksud dapat menggunakan teknologi yang diperkirakan mempunyai potensi besar terhadap lingkungan.

2.2. Limbah Rumah Sakit

Limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan Rumah Sakit dalam bentuk padat, cair, pasta (gel) maupun gas yang dapat mengandung mikroorganisme patogen bersifat infeksius, bahan kimia beracun, dan sebagian bersifat radioaktif (Depkes, 2006). Limbah rumah sakit dapat mengandung bermacam-macam mikroorganisme tergantung pada jenis rumah sakit dan tingkat pengolahan yang dilakukan sebelum dibuang. Limbah cair rumah sakit dapat mengandung bahan organik dan anorganik yang umumnya diukur dengan parameter BOD, COD dan TSS. Sedangkan limbah padat rumah sakit terdiri atas sampah mudah membusuk, sampah mudah terbakar, dan lain-lain. Limbah-limbah tersebut kemungkinan besar mengandung mikroorganisme patogen atau bahan kimia beracun berbahaya yang menyebabkan penyakit infeksi dan dapat tersebar ke lingkungan rumah sakit yang disebabkan oleh teknik pelayanan kesehatan yang memadai,

kesalahan penanganan bahan-bahan terkontaminasi dan peralatan, serta penyediaan dan pemeliharaan sarana sanitasi yang masih buruk

Limbah yang dihasilkan rumah sakit dapat membahayakan kesehatan masyarakat, yaitu limbah berupa virus dan kuman yang berasal dari laboratorium virology dan mikrobiologi dan sulit untuk dideteksi. Limbah cair dan limbah padat yang berasal dari rumah sakit dapat berfungsi sebagai media penyebaran gangguan atau penyakit bagi para petugas, penderita maupun masyarakat. Gangguan tersebut dapat berupa pencemaran udara, pencemaran air, tanah, pencemaran makan dan minuman. Pembuangan limbah ini dapat dilakukan dengan memilah-milah limbah ke dalam berbagai kategori. Untuk masing-masing kategori diterapkan cara pembuangan limbah yang berbeda. Prinsip umum pembuangan limbah rumah sakit adalah sejauh mungkin menghindari resiko kontaminasi dan trauma (*injury*).

Arifin (2008) menyebutkan secara umum limbah rumah sakit dibagi dalam 2 (dua) kelompok besar, yaitu: 1) limbah medis 2) limbah non medis baik padat maupun cair. Limbah klinis/medis padat adalah limbah yang terdiri dari limbah benda tajam, limbah infeksius, limbah laboratorium, limbah patologi atau jaringan tubuh, limbah sitotoksis, limbah farmasi, dan limbah kimiawi. Berikut adalah jenis-jenis limbah yang terdapat pada rumah sakit:

Limbah Benda Tajam

Limbah benda tajam adalah obyek atau alat yang memiliki sudut tajam, sisi, ujung atau bagian menonjol yang dapat memotong atau menusuk kulit seperti jarum hipodermik, perlengkapan intravena, pipet Pasteur, pecahan gelas, pisau bedah. Semua benda tajam ini memiliki potensi bahaya dan dapat menyebabkan cedera melalui sobekan atau tusukan. Benda-benda tajam yang terbuang mungkin terkontaminasi oleh darah, cairan tubuh, bahan mikrobiologi, bahan beracun atau radio aktif. Limbah benda tajam mempunyai potensi bahaya tambahan yang dapat menyebabkan infeksi atau cedera karena mengandung bahan kimia beracun atau radio aktif. Potensi untuk menularkan penyakit akan sangat besar bila benda tajam tadi digunakan untuk pengobatan pasien infeksi atau penyakit infeksi.

Limbah infeksius

Limbah infeksius mencakup pengertian sebagai berikut:

1. Limbah yang berkaitan dengan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular (perawatan intensif).

2. Limbah laboratorium yang berkaitan dengan mikrobiologi dari rumah sakit atau ruang perawatan/isolasi penyakit menular.

Namun beberapa institusi memasukkan juga bangkai hewan percobaan yang terkontaminasi atau yang diduga terkontaminasi oleh organisme patogen ke dalam kelompok limbah infeksius.

Limbah laboratorium

Limbah laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan mikrobiologi dari poliklinik dan ruang perawatan/isolasi penyakit menular.

Limbah jaringan tubuh

Limbah jaringan tubuh meliputi organ, anggota badan, darah dan cairan tubuh, biasanya dihasilkan pada saat pembedahan atau otopsi.

Limbah sitotoksik

Limbah sitotoksik adalah bahan yang terkontaminasi atau mungkin terkontaminasi dengan obat sitotoksik selama peracikan, pengangkutan atau tindakan terapi sitotoksik dan harus dimusnahkan melalui *Incenerator* pada suhu lebih dari 1.000°C. Tempat pengumpul sampah sitotoksik setelah dikosongkan lalu dibersihkan dan didesinfeksi.

Limbah farmasi

Limbah farmasi ini dapat berasal dari obat-obat kadaluwarsa, obat-obat yang terbuang karena *batch* yang tidak memenuhi spesifikasi atau kemasan yang terkontaminasi, obat-obat yang dibuang oleh pasien atau dibuang oleh masyarakat, obat-obat yang tidak lagi diperlukan oleh institusi bersangkutan dan limbah yang dihasilkan selama produksi obat-obatan.

Limbah kimia

Limbah kimia adalah limbah yang dihasilkan dari penggunaan bahan kimia dalam tindakan medis, veterineri, laboratorium, proses sterilisasi, dan riset. Pembuangan limbah kimia ke dalam saluran air kotor dapat menimbulkan korosi pada saluran, sementara bahan kimia lainnya dapat menimbulkan ledakan. Limbah kimia yang tidak berbahaya dapat dibuang bersama-sama dengan limbah umum.

Limbah radioaktif

Limbah radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radioisotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radio nukleida. Limbah ini dapat berasal dari antara lain:

1. Tindakan kedokteran nuklir, radioimmunoassay dan bakteriologi dapat berbentuk cair, padat atau gas.

2. Penanganan, penyimpanan dan pembuangan bahan radioaktif harus memenuhi peraturan yang berlaku.

Persentase terbesar dari air limbah rumahsaki adalah limbah nonmedis sedangkan sisanya adalah limbah yang terkontaminasi oleh infectious agent kultur mikroorganisme, darah, buangan pasien pengidap penyakit infeksi dan lain-lain. Perbandingan limbah non medis dan medis adalah 89%:11%.

Jika mengacu pada keputusan menteri kesehatan nomor: 1204/MENKES/SK/2004 tahun 2004 tentang persyaratan kesehatan lingkungan rumah sakit, limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit dalam bentuk padat, cair dan gas.

- a. Limbah padat rumah sakit adalah semua limbah rumahsakit berbentuk pada akibat kegiatan rumah sakit yang terdiri dari limbah medis dan non medis.
 - Limbah medis padat adalah limbah padat berupa limbah infeksius, Limbah patologi, limbah benda tajam, limbah kimawi, limbah farmasi, limbah sitoksis, limbah radioaktif, limbah container bertekanan dan limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi.
 - Limbah padat non medis adalah limbah padat hasil kegiatan rumah sakit diluar medis yang berasal dari dapur, perkantoran, taman, dan halaman yang dapat dimanfaatkan kembali apabila ada teknologinya.
- b. Limbah cair rumah sakit adalah semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari kegiatan rumah sakit, kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun, dan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan.
- c. Limbah gas rumah sakit adalah semua limbah berbentuk gas yang berasal dari kegiatan pembakaran di rumah sakit seperti incinerator, perlengkapan generator, dapur, anastesi dan pembuangan obat sitotoksik.

2.3 Pengelolaan Limbah Rumah Sakit

Aktivitas rumah sakit menghasilkan berbagai jenis limbah yang berupa benda padat, cair dan gas. Pengelolaan limbah rumah sakit merupakan bagian dari aktivitas penyehatan lingkungan di rumah sakit yang bertujuan untuk melindungi masyarakat dari bahaya pencemaran lingkungan yang bersumber dari limbah rumah sakit.

Dalam undang-undang No 36 tahun 2009 tentang kesehatan, telah dinyatakan bahwa kesehatan merupakan hak asasi manusia dan salah satu unsur kesejahteraan yang harus diwujudkan sesuai dengan cita-cita bangsa Indonesia sebagaimana dimaksud dalam Pancasila dan undang-undang dasar Negara republik Indonesia tahun 1945. Ketentuan

ini menjadi dasar bagi pemerintah untuk menyelenggarakan kegiatan yang berupa pencegahan dan pemberantasan penyakit, pencegahan dan penanggulangan pencemaran, pemulihan kesehatan, penerangan dan pendidikan kesehatan kepada masyarakat.

Upaya perbaikan kesehatan masyarakat dapat dilakukan melalui berbagimacam cara, antara lain pencegahandan pemberantasan penyakit menular, penyehatan lingkungan, perbaikan gizi, penyediaan air bersih, penyuluhan kesehatan serta pelayanan kesehatan ibu dan anak. Selain itu, perlindungan terhadap bahaya pencemaran lingkungan juga perlu diberi perhatian khusus.

Upaya pengelolaan limbah rumah sakit telah dilakukan dengan mempersiapkan perangkat lunaknya yang berupa peraturan-peraturan, pedoman-pedoman dan kebijakan-kebijakan yang mengatur pengelolaan dan peningkatan kesehatan di lingkungan rumah sakit. Selain itu secara bertahap dan berkesinambungan departemen kesehatan mengupayakan instalasi pengelolaan limbah rumahsakit. Sehingga sampai saat ini sebagian besar rumah sakit pemerintah telah dilengkapi dengan fasilitas pengelolaan limbah, meskipun masih perlu disempurnakan.namun harus disadari bahwa penelolaan limbah rumah sakit masih perlu ditingkatkan lagi.

Undang-undang No. 36 tahun 2009 tentang kesehatan menyebutkan bahwa setiap warga Negara Indonesia berhak mendapatkan lingkungan yang sehat bagi pencapaian derajat kesehatan.oleh sebab itu pemerintah menyelenggarakan usaha-usaha dalam pencegahan dan pemberantasan penyakit, pencegahan dan penanggulangan pencemaran, pemulihan kesehatan,penerangan dan pendidikan kesehatan pada rakyat dan lain sebagainya. Upaya peningkatan dan pemeliharaan kesehatan harus dilakukan secara terus menerus, seragam dengan perkembangan ilmu pengetahuan di bidang kesehatan, maka usaha pencegahan dan penanggulangan pencemaran diharapkan mendapat peningkatan .

Sarana pengolahan/pembuangan limbah cair rumah sakit pada dasarnya bertujuan untuk menerima limbah cair yang bersumber dari berbagai alat sanitair, menyalurkan melewati instalasi saluran pembuangandalam gedung setelahnya melewati instalasi saluran pembuangan di luar gedung menuju instalasi pengolaan buangan cair. Dari instalasi limbah, cairan yang sudah diolah mengalir ke saluran pembuangan keperembesan tanah atau ke saluran pembuangan kota. Limbah padat yang beasal dari bangsal-bangsal, dapur, kamar operasi, dan lain sebagainya baik yang medis maupun non medis perlu dikelola sebaik-baiknya sehingga kesehatan petugas, penderita dan masyarakat di

sekitar rumah sakit dapat terhindar dari kemungkinan-kemungkinan dampak pencemaran limbah rumah sakit tersebut.

Terkait limbah B3, pemerintah melalui permenkes no 1204 tahun 2004 tentang kesehatan lingkungan rumah sakit, telah menetapkan adanya kodifikasi untuk penampungan limbah padat medis dalam hubungannya sebagai limbah B3 agar tidak membahayakan bagi masyarakat sekitar di lingkungan rumah sakit. Kebijakan kodifikasi perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut (Haryanto, 2001):

- a. Bangsal harus memiliki dua macam tempat limbah dengan dua warna, satu untuk limbah medis dan yang lain untuk limbah non medis.
- b. Semua limbah dari kamar operasi dianggap sebagai limbah medis.
- c. Limbah dari kantor, biasanya seperti alat-alat tulis, dianggap sebagai limbah non medis.
- d. Semua limbah yang keluar dari unit patologi harus dianggap sebagai limbah medis dan harus dinyatakan aman sebelum dibuang.

Beberapa hal harus dipertimbangkan dalam merumuskan kebijakan kodifikasi dengan warna yang menyangkut hal-hal berikut (Sundana, 2000) :

1. Pemisahan limbah

- Limbah harus dipisahkan dari sumbernya.
- Semua limbah beresiko tinggi hendaknya diberi label yang jelas.
- Perlu digunakan kantong plastik dengan warna-warna yang berbeda, yang menunjukkan kemana plastik harus diangkut untuk insinerasi atau dibuang.

2. Penyimpanan limbah

- Kantong-kantong dengan warna harus dibuang jika telah berisi 2/3 bagian. Kemudian diikat bagian atasnya dan diberi label yang jelas.
- Kantong harus diangkut dengan memegang lehernya, sehingga kalau dibawa mengayun menjauhi badan, dan diletakkan di tempat-tempat tertentu untuk dikumpulkan.
- Petugas pengumpul limbah harus memastikan kantong-kantong dengan warna yang sama telah dijadikan satu dan telah dikirim ke tempat yang sesuai
- Kantong harus disimpan di kotak-kotak yang kedap terhadap kutu dan hewan perusak sebelum diangkut ke tempat pembuangannya.

3. Penanganan limbah

- Kantong-kantong dengan kode warna hanya boleh diangkut apabila telah ditutup
- Kantong dipegang pada lehernya

- Petgas harus mengenakan pakain pelindung, misalnya dengan memakai sarung tangan yang kuat dan pakaian terusan (overall), pada waktu mengangkut kantung tersebut.
- Jika terjadi kontaminasi diluar kantung diperlukan kantung baru yang bersih untuk membungkus kantung baru yang kotor tersebut dengan seisinya (*double bagging*).
- Petugas diharuskan melapor jika menemukan benda-benda tajam yang dapat mencederainya didalam kantung yang salah.
- Tidak ada seorangpun yang boleh memasukkan tangannya kedalam kantung limbah.

4. Pengangkutan limbah

Kantung limbah dikumpulkan dan sekaligus dipisahkan menurut kode warnanya. Limbah bagian bukan klinik misalnya dibawa ke kompaktor, limbah bagian klinik dibawa ke insinerator. Pengangkutan dengan kendaraan khusus, kendaraan yang digunakan untuk mengangkut limbah tersebut sebaiknya dikondisikan dan dibersihkan setiap hari, atau apabila diperlukan dibersihkan dengan menggunakan larutan klorin.

5. Pembuangan limbah

Setelah dimanfaatkan dengan kompaktor, limbah bukan medis dapat dibuang ditempat penimbunan sampah (*land-fill site*), sedangkan limbah medis harus dibakar (insinerasi), jika tidak memungkinkan, harus ditimbun dengan kapur dan ditanam dalam tanah. Untuk limbah gas, upaya pengelolaannya lebih sederhana dibanding dengan limbah cair, pengelolaan limbah gas tidak dapat terlepas dari upaya penyehatan ruangan dan bangunan khususnya dalam memelihara kualitas udara ruangan (*indoor*) yang antara lain disyaratkan agar (Agustiani dkk, 2000) :

- Tidak berbau (terutama oleh gas H_2S dan Anioniak);
- Kadar debu tidak melampaui 150 Ug/m^3 dalam pengukuran rata-rata selama 24 jam.
- Angka kuman. Ruang operasi : kurang dari 350 kalori/m^3 udara dan bebas kuman patogen (khususnya *alpha streptococcus haemoliticus*) dan spora gas gangren. Ruang perawatan dan isolasi : kurang dari 700 kalori/m^3 udara dan bebas kuman patogen. Kadar gas dan bahan berbahaya dalam udara tidak melebihi konsentras maksimum yang telah ditentukan.

Penggunaan insinerator, biasanya disesuaikan dari masing-masing kemampuan rumah sakit. Rumah sakit yang besar mungkin mampu membeli insinerator sendiri. insinerator

berukuran kecil atau menengah dapat membakar pada suhu 1300 - 1500° C atau lebih tinggi dan mungkin dapat mendaur ulang sampai 60% panas yang dihasilkan untuk kebutuhan energi rumah sakit. Suatu rumah sakit dapat pula memperoleh penghasilan tambahan dengan melayani insinerasi limbah rumah sakit yang berasal dari rumah sakit lain. Insinerator modern yang baik tentu saja memiliki beberapa keuntungan antara lain kemampuannya menampung limbah klinik maupun bukan klinik, termasuk benda tajam dan produk farmasi yang tidak terpakai (Rostiyanti dan Sulaiman, 2001).

Jika fasilitas insinerasi tidak tersedia, limbah klinik dapat ditimbun dengan kapur dan ditanam. Langkah-langkah pengapuran (*liming*) tersebut meliputi yang berikut (Djoko, 2001) :

- Menggali lubang, dengan kedalaman sekitar 2,5 meter.
- Tebarkan limbah klinik didasar lubang sampai setinggi 75 cm.
- Tambahkan lapisan kapur.
- Lapisan limbah yang ditimbun lapisan kapur masih bisa ditambahkan sampai ketinggian 0,5 meter dibawah permukaan tanah.
- Akhirnya lubang tersebut harus ditutup dengan tanah.

2.4 Pengolahan Limbah Rumah Sakit

Pengolahan limbah pada dasarnya merupakan upaya mengurangi volume, konsentrasi, atau bahaya limbah, setelah proses produksi atau kegiatan, melalui proses fisika, kimia, atau hayati. Dalam pelaksanaan pengelolaan limbah, upaya pertama yang harus dilakukan adalah upaya preventif yaitu mengurangi volume limbah yang dikeluarkan ke lingkungan yang meliputi upaya mengurangi limbah pada sumbernya, serta upaya pemanfaatan limbah. Program minimisasi limbah di Indonesia baru mulai digalakkan dan bagi rumah sakit masih merupakan hal yang baru, yang tujuannya untuk mengurangi jumlah limbah dan pengolahan limbah yang masih mempunyai nilai ekonomi.

Berbagai upaya telah dipergunakan untuk mengungkapkan pilihan teknologi mana yang terbaik untuk pengolahan limbah, khususnya limbah berbahaya antara lain reduksi limbah (*waste reduction*), minimisasi limbah (*waste minimization*), pemberantasan limbah (*waste abatement*), pencegahan pencemaran (*waste prevention*) dan reduksi pada sumbernya (*source reduction*).

Reduksi limbah pada sumbernya merupakan upaya yang harus dilaksanakan pertama kali karena upaya ini bersifat preventif yaitu mencegah atau mengurangi terjadinya limbah yang keluar dan proses produksi. Reduksi limbah pada sumbernya adalah upaya mengurangi volume, konsentrasi, toksisitas dan tingkat bahaya limbah yang akan keluar

ke lingkungan secara preventif langsung pada sumber pencemar, hal ini banyak memberikan keuntungan yakni meningkatkan efisiensi kegiatan serta mengurangi biaya pengolahan limbah dan pelaksanaannya relatif murah. Berbagai cara yang digunakan untuk reduksi limbah pada sumbernya adalah :

- a. *House Keeping* yang baik, usaha ini dilakukan oleh rumah sakit dalam menjaga kebersihan lingkungan dengan mencegah terjadinya ceceran, tumpahan atau kebocoran bahan serta menangani limbah yang terjadi dengan sebaik mungkin.
- b. Segregasi aliran limbah, yakni memisahkan berbagai jenis aliran limbah menurut jenis komponen, konsentrasi atau keadaanya, sehingga dapat mempermudah, mengurangi volume, atau mengurangi biaya pengolahan limbah.
- c. Pelaksanaan *preventive maintenance*, yakni pemeliharaan/penggantian alat atau bagian alat menurut waktu yang telah dijadwalkan.
- d. Pengelolaan bahan (*material inventory*), adalah suatu upaya agar persediaan bahan selalu cukup untuk menjamin kelancaran proses kegiatan, tetapi tidak berlebihan sehingga tidak menimbulkan gangguan lingkungan, sedangkan penyimpanan agar tetap rapi dan terkontrol.
- e. Pengaturan kondisi proses dan operasi yang baik: sesuai dengan petunjuk pengoperasian/penggunaan alat dapat meningkatkan efisiensi.
- f. Penggunaan teknologi bersih yakni pemilihan teknologi proses kegiatan yang kurang potensi untuk mengeluarkan limbah B3 dengan efisiensi yang cukup tinggi, sebaiknya dilakukan pada saat pengembangan rumah sakit baru atau penggantian sebagian unitnya.

2.5 Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair rumah sakit merupakan seluruh buangan cair yang bersumber dari hasil proses semua kegiatan rumah sakit yang mencakupi: limbah domestik cair yaitu buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, limbah cair medis seperti air limbah yang bersumber dari kegiatan medis rumah sakit misalnya air bekas cucian luka, cucian darah, air limbah laboratorium dan lainnya.

Limbah rumah sakit bisa mengandung bermacam-macam mikroorganisme tergantung pada jenis rumah sakit, tingkat pengolahan yang dilakukan sebelum dibuang, dan jenis sarana yang ada. Selain itu limbah rumah sakit seperti halnya limbah lain akan mengandung bahan-bahan organik dan anorganik, yang tingkat kandungannya dapat ditentukan dengan uji air kotor pada umumnya seperti BOD, COD, TSS, dan lain-lain (Depkes RI, 1994).

Berdasarkan hasil analisa kimia terhadap beberapa contoh air limbah rumah sakit yang ada di DKI Jakarta menunjukkan kalau konsentrasi senyawa pencemar sangat bervariasi

misalnya, BOD 31,52 – 675,33 mg/l, ammonia 10,79 – 158,73 mg/l, deterjen (MBAS) 1,66 – 9,79 mg/l. Hal ini mungkin diakibatkan karena sumber air limbah yang bervariasi sehingga faktor waktu dan metode pengambilan contoh sangat mempengaruhi besarnya konsentrasi.

Tabel 2.1. Karakteristik Air Limbah Beberapa Rumah Sakit di Jakarta

No.	Parameter (mg/l)	Minimum	Maksimum	Rata-Rata
1	BOD	31,35	675,33	353,43
2	COD	46,62	1183,4	615,01
3	KMnO ₄	69,84	739,56	404,7
4	Ammonia	10,79	158,73	84,76
5	Nitrit (NO ₂)	0,013	0,274	0,1435
6	Nitrat (NO ₃)	2,25	8,91	5,58
7	Klorida (Cl)	29,74	103,73	66,735
8	Sulfat (SO ₄)	81,3	120,6	100,96
9	pH	4,92	8,99	6,96
10	Zat padat tersuspensi (SS)	27,5	211	119,25
11	Deterjen (MBAS)	1,66	9,79	5,725
12	Minyak/lemak	1	125	63
13	Cadmium (Cd)	Ttd	0,016	0,008
14	Timbal (Pb)	0,002	0,04	0,021
15	Tembaga (Cu)	Ttd	0,49	0,245
16	Besi (Fe)	0,19	70	35,1
17	Warna (Skala Pt-Co)	31	150	76
18	Phenol	0,04	0,63	0,335

Sumber : PD PAL JAYA, 1995 dalam Herlambang, 2002

2.5.1 Karakteristik Fisik

Penetapan derajat kekotoran air limbah amat dipengaruhi pada adanya sifat fisik yang gampang terlihat yaitu kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau dan warna juga temperatur.

Padatan (*solids*)

Zat padat yang mampu mengendap adalah zat padat yang hendak mengendap pada kondisi tanpa bergerak atau diam kurang lebih dalam waktu 1 jam sebagai akibat gaya beratnya sendiri. Pengukuran besarnya endapan perlu untuk mengetahui derajat pengendapan dan jumlah endapan yang ada dalam badan air. Jumlah total endapan dapat dideteksi dengan penyaringan terhadap air kotor melalui kertas fiber atau saringan 0,45 mikron dan mengukur berat kering dari material yang terkumpul dalam satuan mg/L. Ketika contoh yang diambil bersumber dari lumpur aktif reaktor air limbah, maka endapan tersebut dikenal dengan MLSS (*Mixed liquor suspended solid*). Hasil endapan ini jika dipanaskan pada suhu 6000°C, maka sebagian bahan akan menguap dan sebagian lagi akan menjadi bahan sisa yang sangat kering.

Bahan yang teruap dikenal sebagai volatile, sedangkan bahan yang tersisa akibat penguapan disebut fixed, dan hasilnya disebut dengan MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Suspended Solid*). Sifat-sifat fisik lainnya terangkum pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Sifat Fisik Air Buangan

Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh
Suhu	Kondisi udara sekitarnya, air panas yang dibuang ke saluran dari rumah maupun industri.	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen/gas lain, kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan
Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti limbah padat, garam, tanah liat, bahan organik yang halus dari buah-buahan asli, algae, organisme kecil	Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan tanaman. Mengotori pemandangan dan mengganggu kehidupan
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman (kulit, gula, besi),	Umumnya tidak berbahaya dan berpengaruh terhadap kualitas estetika air

Lanjutan Tabel 2.2. Sifat Fisik Air Buangan

Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh
Bau	Bahan volatile, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik, minyak utama dari mikroorganisme	Petunjuk adanya pembusukan air limbah, merusak keindahan.
Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion	Mempengaruhi estetika
Benda padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut ataupun tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat, garam, juga merupakan petunjuk pencemaran atau kepekatan limbah meningkat

Sumber: Metcalf dan Eddy, 2004

2.5.2 Karakteristik kimia

Secara umum karakteristik kimia dalam air limbah terbagi menjadi dua, yaitu kimia organik dan anorganik. Jumlah materi organik amat dominan, karena 75% dari zat padat tersuspensi dan 40% zat padat tersaring merupakan bahan organik, yang terdiri dari senyawa karbon, hidrogen, oksigen dan ada juga yang mengandung nitrogen. Sedangkan Materi / senyawa anorganik tersusun dari semua kombinasi elemen yang bukan terusun dari karbon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri dari grit, sand, dan mineral-mineral, baik, *suspended* maupun *dissolved*.

a. Kimia organik

- Minyak dan lemak: minyak dan lemak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak ditemukan pada air limbah. Minyak dan lemak membentuk ester dan alcohol atau gliserol dengan asam lemak. Gliserid pada asam lemak ini berbentuk cairan pada keadaan biasa dikenal sebagai minyak dan ketika dalam bentuk padat dan kental dikenal sebagai lemak.
- Deterjen atau *Surfactant*: *Surfactant* merupakan singkatan dari *surface active agents* yang berasal dari detergent pencuci pakaian. Membentuk busa yang stabil pada saat proses aerasi. Keberadaannya dideteksi dengan menggunakan larutan methylene blue. Nama lain dari surfactant adalah *methylene blue active substance* atau disingkat dengan MBAS.

- *Biochemical Oxygen Demand* (BOD): mendefinisikan *BiochemicalOxygenDemand* (BOD) sebagai banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme pada waktu melakukan proses dekomposisi bahan organik yang ada di perairan. Parameter yang paling banyak digunakan adalah BOD5 (Sutrisno, 2002).
- *Chemical Oxygen Demand* (COD): merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaerts dan Santika, 1984).

b. Kimia anorganik

- pH (Derajat Keasaman): adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas kondisi asam atau basa suatu larutan. pH juga merupakan suatu bentuk untuk menyatakan konsentrasi ion H^+ .
- Klorida (Cl): Kadar klorida di dalam air alami ditimbulkan dari rembesan klorida yang ada pada batuan dan tanah serta dari daerah pantai dan rembesan air laut. Kotoran manusia mengandung 6 mg klorida untuk setiap orang/hari. Pengolahan secara konvensional masih kurang berhasil untuk dapat menghilangkan bahan ini, dan dengan adanya klorida di dalam air, maka menunjukkan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran atau mendapatkan rembesan dari air laut.
- Logam Berat: Nikel (Ni), magnesium (Mg), timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd), seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe) dan air raksa (Hg) adalah contoh dari logam berat. Beberapa jenis logam biasanya digunakan untuk pertumbuhan kehidupan biologis, misalnya pada pertumbuhan algae ketika tidak ada logam pertumbuhannya terhambat. Akan tetapi, bila jumlahnya berlebihan akan mempengaruhi kegunaannya karena timbulnya daya racun yang dimiliki. Oleh sebab itu, keberadaan zat ini penting diawasi jumlahnya di dalam air limbah.

2.5.3 Karakteristik Biologis

Karakteristik biologis ini dibutuhkan untuk mengukur kualitas air terutama bagi air yang diperuntukkan sebagai air minum dan air bersih. Selain itu, guna menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Parameter yang seiring dipakai adalah banyaknya kandungan mikroorganisme yang ada pada kandungan air limbah.

Mikroorganisme utama yang dijumpai pada pengolahan air buangan adalah :

- a. Bakteri dengan berbagai bentuk (batang, bulat, spiral). Bakteri *Escherichia coli* adalah bakteri yang dapat dijadikan sebagai indikator polusi pada buangan manusia.

- b. Jamur. merupakan organisme yang mendekomposisikan karbon di biosfer dan mampu memecah materi organik, mampu hidup dalam pH rendah, suhu rendah dan juga area rendah.
- c. Algaea. Mampu menyebabkan busa dan mengalami perkembangan yang pesat. Algaea menjadi asal makanan ikan dan bakteri yang akibatnya adalah kondisi anaerobik.
- d. Protozoan.
- e. Virus.

2.6 Standar Air buangan

2.6.1 Stream Standard

Stream standard menunjukkan kualitas badan air pada kondisiaat dimasukkannya air buangan ke dalam badan air tersebut. Standar ini sangat dipengaruhi oleh kualitas badan air itu sendiri yang selama pengalirannya mendapati perubahan debit dan kualitas. meskipun demikian, standar ini cukup bagus karena memperhatikan kemampuan badan air untuk menerima air buangan, terutama jika sumber air buangannya lebih dari satu, sehingga diharapkan mampu terjadi *self purification* di dalam badan air. Kesulitan yang dihadapi dalam penerapannya adalah memprediksi fluktuasi debit dan kualitas badan air penerima. *Stream standard* ialah ambang batas yang ditentukan sebagai syarat kualitas akhir badan air penerima, dengan memperhatikan kemampuan sungai untuk menerima air buangan, pengenceran dan *self purification*. *Stream standard* pada umumnya dipergunakan pada sungai yang kondisinya masih baik.

2.6.2 Effluent Standard

Effluent standard adalah suatu batasan baku mutu konsentrasi airbuang yang oleh dibuang dan dikeluarkan ke badan air penerima tanpa memperhatikan kondisi badan air penerima. *Standard* ini lebih baik untuk dipergunakan sebab lebih aman dari terjadinya pencemaran. Oleh tetapi penetapan standar ini akan lebih memberatkan pada pelaku usahawanarena beban yang mesti diola oleh instalasi pengolahan air limbah akan semakin bert. Sistem ini juga akan berakibat buruk ketika badanair penerimaxkering, sehingga badan air tersebut hanya akan berisi *Effluent* air buangan dan akan mengalami kesulitan dalam melakukan *self purification*. Biasanya kriteria yang dittapkan pada standard ini lebih ketat dibandingkan standard pertama, kecuali bila debit badn air penerima amat kecil. Mengenai beberapa hal yang dapat menjadipertimbangan dalam pemilihanstandard adalah :

1. Kondisi badan air penerima yang mengenai segi kuantitas dan kualitas badan air dalam menerima limpasan air buangan. Dari segi kualitas merupakan tentang pengaruh

yang mungkin timbul jika badan air tersebut menerima buangan terutama mengenai masalah pencemaran dan *self purification* (kemampuan memurnikan diri badan air tersebut). Sedangkan dari kuantitas ialah berkaitan dengan kemampuan badan air tersebut untuk mengencerkan air buangan yang diterimanya. Bila debit air buangan lebih besar dari debit badan air penerima maka penerapan *Effluent standard* akan lebih baik sebab memiliki *safety factor* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan *stream standard*.

2. Tata guna air atau pemanfaatannya dari badan air penerima tersebut, ketika badan air tersebut digunakan sebagai badan air penerima hasil pengolahan air buangan, tidak akan mengganggu atau membahayakan pemanfaatannya.
3. Jumlah kegiatan yang menggunakan suatu badan air menjadi penerima hasil pengolahan air buangannya. Pada badan air dimana banyak industri atau kegiatan yang membuang air hasil pengolahan air buangannya maka akan lebih baik bila diberlakukan *stream standard*.

2.7 Karakteristik Air Buangan

Untuk memahami lebih jauh tentang air buangan, maka penting diketahui juga secara detail mengenai kandungan yang ada pada air limbah dan juga sifat-sifatnya, yaitu:

- Sifat Fisik
- Sifat Kimia
- Sifat Biologis

Tabel 2.3. Karakteristik Air Buangan Berdasarkan Sumber Pencemar

Karakteristik	Sumber
Karakteristik Fisik	
Warna	Domestik dan buangan industri, peluruhan alami materi organik
Bau	Dekomposisi air buangan, buangan industri
Partikel Padat	Supply air domestik, buangan industri dan domestik, erosi tanah, inflow/infiltration
Suhu	Buangan domestik dan industri
Karakteristik kimia	
Organik	
Karbohidrat	Buangan domestik, komersial dan industri
Minyak, lemak	Buangan domestik, komersial dan industri
Pestisida	Buangan pertanian

Lanjutan Tabel 2.3. Karakteristik Air Buangan Berdasarkan Sumber Pencemar

Karakteristik	Sumber
Fenol	Buangan industry
Protein	Buangan domestik, komersial dan industry
Polutan utama	Buangan domestik, komersial dan industry
Surfactant	Buangan domestik, komersial dan industry
Volatile organik	Buangan domestik, komersial dan industry
Lain-lain	Peluruhan alami dari material organik
Inorganik	
Alkalinitas	Buangan domestik, Supply air domestik, infiltrasi air tanah
Chlorida	Buangan domestik, Supply air domestik, infiltrasi air tanah
Logam berat	Buangan <i>industry</i>
Nitrogen	Buangan domestik dan pertanian
Karakteristik	Sumber
pH	Buangan domestik, komersial dan <i>industry</i>
Fosfor	Buangan domestik, komersial dan industri ; limpasan alami
Polutan utama	Buangan domestik, komersial dan <i>industry</i>
Sulfur	Buangan domestik, komersial dan industri;
H ₂ S	Dekomposisi buangan <i>domestic</i>
Metan	Dekomposisi buangan <i>domestic</i>
Oksigen	<i>Supply</i> air domestik, infiltrasi air permukaan
Karakteristik biologi	
Hewam	Anak sungai, dan bangunan pengolahan
Tumbuhan	Anak sungai, dan bangunan pengolahan
Protista:	
Virus	Buangan Domestik
Eubacteria	Buangan domestik, infiltrasi dari air permukaan,

Sumber: Metcalf & Eddy, 1991

Selain itu, hal yang penting dipahami untuk mengetahui karakteristik dari suatu pencemar, penting diketahui sumber pencemar tersebut. Keberadaan sumber akan

menentukan karakteristik dari pencemar. Berikut ini adalah tabel pencemar beserta penyebab keberadaan pencemar tersebut dalam air buangan:

Tabel 2.4. Pencemar Penting dan Penyebabnya

Sumber Pencemar	Alasan
<i>Suspended load</i>	<i>Suspended Solid</i> dapat mengakibatkan lumpur yang berlebih dan kondisi anaerobik ketika air buangan yang tidak diolah dialirkan ke lingkungan akuatik.
Organik yang dapat di degradasi secara biologi	Terdiri atas protein, karbohidrat, lemak. Diukur dengan BOD atau COD. Jika komponen ini berlebih menyebabkan berkurangnya sumber O ₂ dan dapat menyebabkan kondisi infeksi.
Sumber Pencemar	Alasan
Pathogen	Penyakit menular disebabkan mikroorganisme
Nutrisi	Baik nitrogen maupun fosfor bersama karbon jika berlebih dalam lingkungan air dapat menyebabkan pencemaran. Demikian pula jika nutrisi ini mencemari tanah akan mengakibatkan polusi air tanah
Polutan utama	Baik komponen organik dan inorganik dapat menyebabkan kanker mutasi.
Organik yang sukar diurai	Organik ini sulit diuraikan dengan metoda konvensional biasa. Contohnya : <i>Surfactant</i> ,
Logam berat	Didapat dari aktivitas komersial dan industri. Logam ini harus dibuang jika air buangan hendak digunakan kembali.
Inorganik terlarut	Komponen inorganik seperti kalsium, sodium, dan sulfat yang terdapat pada supply air domestik
Pathogen	Penyakit menular dapat disebabkan oleh mikroorganisme patogen dalam air buangan.

Sumber: Metcalf & Eddy, 2004

2.7.1 Karakteristik Fisik Air Buangan

Penetapan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang gampang terlihat yaitu kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta warna dan bau juga temperatur.

total endapan pada sampel air merupakan sisa penguapan dari sampel air limbah dalam suhu 103-1050°C. Beberapa komposisi air limbah akan lenyap apabila dilakukan pemanasan secara lambat. Jumlah total endapan terdiri atas benda-benda yang mengendap, terlarut, tercampur. Untuk melakukan pemeriksaan ini bisa dilakukan dengan cara mengadakan pemisahan air buangan dengan memperhatikan besar kecilnya partikel yang ada di dalamnya. Air limbah yang mengandung partikel dengan ukuran besar memudahkan proses pengendapan yang berlangsung, sedangkan ketika air limbah tersebut berisi partikel yang sangat kecil ukurannya akan menyulitkan dalam proses pengendapan, sehingga harus dipilih cara pengendapan yang lebih baik dan menggunakan teknologi yang lebih canggih.

Penggolongan penyaringan partikel berlandaskan ukuran inilah yang digunakan sebagai pertimbangan, sehingga pada tes analitik dilakukan pemisahan menjadi 3 golongan besar, yaitu:

- Golongan zat yang bersifat koloid
- Golongan zat padat yang terlarut
- Golongan zat yang mengendap

2.7.2 Karakteristik Kimia Air Buangan

Kandungan bahan kimia yang ada pada air limbah bisa merugikan lingkungan. Bahan organik terlarut mampu menghabiskan oksigen pada limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap dalam pengolahan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya jika bahan tersebut merupakan bahan yang beracun. Adapun bahan kimia yang penting yang ada di dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Bahan *organic*

Air limbah dengan pengotoran yang sedang terdiri atas 75% benda-benda tercampur dan 40% zat padat yang dapat disaring ialah berupa bahan organik alami. Pada umumnya zat organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama dengan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti besi, belerang, dan fosfor bisa juga dijumpai. Pada umumnya kandungan bahan organik yang ada pada air buangan ialah 10% berupa minyak dan lemak, 25-50% berupa karbohidrat serta 40-60% lainnya

berupa protein. Urea sebagai kandungan bahan terbanyak di dalam urine, merupakan bagian penting yang lain dalam bahan organik, karena bahan ini diuraikan secara cepat dan jarang didapati urea yang tidak terurai berada di dalam air buangan.

Untuk menganalisis bahan organik secara keseluruhan adalah tidak spesifik dan tidak memberikan perbedaan yang komplis bila bahan organik berada dalam air buangan. Mikroba yang ada pada air buangan akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, bahan buangan, serta gas.

Bila bahan organik yang belum diolah dan dibuang ke badan air, maka bakteri akan menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya. Oksigen diambil dari yang terlarut pada air, dan ketika pemberian oksigen tidak seimbang dengan kebutuhannya, maka oksigen yang terlarut akan turun mencapai titik nol, dengan demikian kehidupan dalam air akan mati. Untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik pada air limbah, digunakan satuan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), dalam ukuran mg/L. Semakin tinggi angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah yang makin besar.

- Bahan anorganik

Beberapa komponen anorganik dari air limbah dan air alami sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air minum. total kandungan bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh formasi geologis dari asal air atau limbah bersumber.

- a. Klorida

Kadar klorida pada air alami dihasilkan dari rembesan klorida yang ada pada batuan dan tanah serta dari daerah pantai dan rembesan air laut. Kotoran manusia mengandung 6 mg klorida untuk setiap orang/hari. Pengolahan secara konvensional masih kurang berhasil untuk menghilangkan bahan ini, dan dengan adanya klorida pada air, maka menunjukkan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran atau mendapatkan rembesan dari air laut.

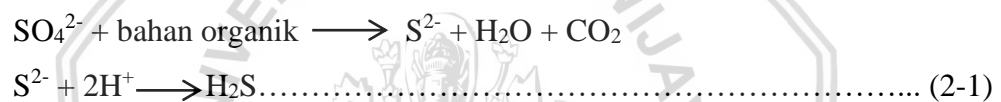
- b. Kebebasan (alkalinitas)

Kebasaan ialah hasil dari adanya hidroksi karbonat dan bikarbonat yang berupa kalsium, magnesium, sodium, potassium atau amoniak. pada hal ini, yang paling utama ialah basa yang diterimanya dalam penyediaan air, air tanah dan bahan tambahan selama difungsikan di rumah. Pada air alam alkalinitas sebagian besar dikarenakan oleh adanya bikarbonat, dan sisanya oleh karbonat dan hidroksida.

Dalam keadaan tertentu (siang hari) adanya ganggang dan lumut dalam air mengakibatkan turunnya kadar karbon dioksida dan bikarbonat. Dalam keadaan seperti ini kadar karbonat dan hidroksida naik, dan menyebabkan pH larutan naik. Jika pada air buangan alkalinitas terlalu tinggi, air menjadi agresif dan menyebabkan karat pada pipa, sebaliknya apabila alkalinitas rendah dan tidak seimbang dengan kesadahan dapat menyebabkan kerak CaCO_3 pada dinding saluran yang bisa memperkecil penampang basah saluran. Alkalinitas tinggi juga menggambarkan adanya senyawa garam dari asam lemah seperti asam setat, propionat, amoniak dan sulfit. Alkalinitas juga merupakan parameter pengontrol untuk *anaerobic digester* dan instalasi lumpur aktif.

c. Sulfur

Sulfur alami terbentuk secara alami dalam banyak penyediaan air dan juga dalam air buangan. Sulfat bisa diubah menjadi sulfit dan hidrogen sulfit oleh bakteri pada situasi anaerob.



Kemudian H_2S bisa dioksidasi secara biologis menjadi asam sulfat, dan bahan ini ialah penyebab timbulnya karat dalam sistem perpipaan dan jika dibakar pada mesin akan menyebabkan kerusakan pada peralatan terutama jika dilewatkan pada kondisi dingin dibawah titik bekunya. Sulfat diubah menjadi sulfit pada tangki pencernaan lumpur.

d. Nitrogen

Secara bersama-sama, antara nitrogen dan fosfor menghasilkan kenaikan yang perlu diperhatikan. karena bahan ini meningkatkan pertumbuhan algae dan tumbuhan air. Nitrogen pada air dengan cepat akan berubah menjadi nitrogen organik atau amoniak-nitrogen. Pemindahan dari nitrogen organik ke dalam amoniak juga dimasukkan pada tipe pengolahan air kotor secara biologis. Amoniak kemudian dipergunakan dengan bakteri untuk sel tiruan dengan menghasilkan oksidasi ke nitrit atau nitrat. Nitrit akan cepat bertransformasi menjadi nitrat melalui oksidasi.

e. Fosfor

Fosfor ada pada air limbah melalui hasil buangan manusia, air seni, dan melalui komponen fosfat bisa digunakan untuk membuat sabun sebagai pembentuk buih. Dari setiap sumber tersebut akan menambah jumlah total dari fosfor. Sebagian fosfor pada limbah domestik ialah dalam bentuk anorganik dengan orofosfat

(PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-) meningkatkan sebanyak 25% dari seluruh total fosfat. Pada proses biologis pada air limbah yang dioleh jenis polifosfat ke dalam ortofosfat. Air limbah domestik banyak sekali mengandung nitrat dan fosfor.

f. Gas

Banyak gas-gas termuat dalam air. Oksigen (O_2) ialah gas penting. Oksigen terlarut selalu diperlukan guna pernafasan mikroorganisme aerob dan kehidupan lainnya. Apabila oksigen berada dalam nilai ambang rendah, maka bau-bauan yang berbahaya akan dihasilkan, karena unsur karbon berubah menjadi metan, termasuk CO_2 dan sulfur. Sulfur akan berubah menjadi amonia (NH_3) atau teroksidasi menjadinitrit.

2.7.3 Karakteristik Biologis Air Limbah

Karakteristik biologi ini dibutuhkan untuk mengukur kualitas air terutama untuk air yang difungsikan sebagai air minum dan air bersih. Selain itu, untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Parameter yang seiring digunakan ialah banyaknya kandungan mikroorganisme yang ada pada kandungan air limbah.

Mikroorganisme utama yang dijumpai pada pengolahan air buangan adalah :

- Bakteri dengan berbagai bentuk (batang, bulat, spiral). Bakteri *Scherichia coli* adalah bakteri yang dapat dijadikan sebagai indikator polusi pada buangan manusia.
- Jamur. merupakan organisme yang mendekomposisikan karbon di biosfer dan mampu memecah materi organik, mampu hidup dalam pH rendah, suhu rendah dan juga area rendah.
- Alga. Mampu menyebabkan busa dan mengalami perkembangan yang pesat. Alga menjadi asal makanan ikan dan bakteri yang akibatnya adalah kondisi anaerobik.
- Protozoa.
- Virus.

2.8 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

2.8.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Ditujukan guna menghilangkan bahan-bahan yang dapat mengganggu proses atau unit-unit pengolahan. Pengolahan pendahuluan amat penting sebagai dasar berhasil atau tidaknya proses pengolahan selanjutnya.

- **Bar Screen**

Berguna untuk menyaring benda-benda kasar yang ada pada air limbah. *Bar Screen* umumnya terbuat dari batangan besi atau baja yang dipasang sejajar membentuk kerangka yang kuat. Kisi-kisi tersebut dipasang melintang pada saluran sebelum unit

pengolahan selanjutnya, membentuk sudut 30° sampai 60° terhadap bidang datar saluran (Seely,1960).

- **Ekualisasi**

Ekualisasi digunakan untuk mengatasi permasalahan operasional yang disebabkan oleh variasi debit, untuk meningkatkan kinerja proses selanjutnya, dan untuk meminimalkan ukuran dan pengurangan biaya dari fasilitas. Menurut Metcalf dan Eddy (2004), Parameter desain yang penting pada unit ekualisasi adalah waktu tinggal ($t_d < 2$ jam) dan kedalaman bak (1,5 – 2 m).

2.8.2 Pengolahan Tingkat Kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan tahap kedua pada prinsipnya bertujuan menghilangkan zat organik terlarut dan *suspended solid* didalam limbah cair [12]. Berikut pengolahan tingkat kedua yang umum dipakai dalam sistem pengolahan limbah cair:

- **Sedimentasi**

Sedimentasi bisa berbentuk lingkaran atau segi empat. Pada saat ini aliran air limbah sangat tenang untuk mengendap. Kriteria-kriteria yang dibutuhkan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi ialah : *surface loading* (beban permukaan), kedalaman bak, dan waktu tinggal. Cara menghitung beban permukaan adalah:

$$V_o = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2-2)$$

V_o = Laju limpahan/ beban permukaan (m^3/m^2 hari)

Q = aliran rata-rata harian (m^3 /hari)

A = Total luas permukaan (m^2)

Surface loading sering juga disebut dengan istilah *overflow rate*.

Tabel 2.5. Kriteria Desain Unit Sedimentasi

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Besaran
1	Waktu detensi	T_d	Jam	1-2
2	Overflow rate	V_o	m^3 / m^2 hari	20-30
3	Beban pelimpah		m^3 / m^2 hari	124-370
4	Kedalaman	D	m	3-6

Sumber: Wastewater Treatment, Syed R. Qasim, 1985

Waktu tinggal dihitung dengan membagi volume bak dengan laju aliran masuk

$$t = 24xV / Q \dots \dots (2-3)$$

t = Waktu tinggal (jam)

V = Volume bak (m^3)

Q = Laju rata-rata harian (m^3 /hari)

Sedangkan untuk menghitung persentase removal dari BOD dan TSS pada unit sedimentasi adalah dengan menggunakan rumus [13]:

$$\%BOD\ Removal = \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2-4)$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{TSS_{in} - TSS_{out}}{TSS_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2-5)$$

Selain beberapa perhitungan tersebut, pada unit *clarifier* ini dapat pula dihitung produksi lumpur removal rate dari produksi lumpur adalah 63%[13]. Berikut ini adalah cara perhitungan yang digunakan:

- Jumlah produksi lumpur perhari
= Nilai TSS Influent (g/m^3) x Removal Rate Lumpur x (debit rata-rata limbah(m^3/s))
x 86.400 s/d x kg/1000g (2-6)

- Produksi lumpur unit clarifier setiap menit

Untuk menghitung produksi lumpur permenit di unit *clarifier* ini, maka akan digunakan asumsi bahwa *specific gravity* dari lumpur adalah 1,03, dan lumpur mengandung 4,5% *solid*

- Menghitung kapasitas pompa

• Bioreaktor

Bioreaktor atau dikenal juga dengan nama fermentor adalah sebuah sistem yang mampu menyediakan sebuah lingkungan biologis yang dapat menunjang terjadinya reaksi biokimia dari bahan mentah menjadi materi yang dikehendaki. Reaksi biokimia yang terjadi di dalam bioreaktor melibatkan organisme atau komponen biokimia aktif (enzim) yang berasal dari organisme tertentu, baik secara aerobik maupun anaerobik. Sementara itu, agens biologis yang digunakan dapat berada dalam keadaan tersuspensi atau terimobilisasi.

Komponen utama bioreaktor terdiri atas tangki, sparger, impeller, saringan halus atau baffle dan sensor untuk mengontrol parameter. Tanki berfungsi untuk menampung campuran substrat, sel mikroorganisme, serta produk. Volume tanki skala laboratorium berkisar antara 1 – 30 L, sedangkan untuk skala industri dapat mencapai lebih dari 1 000 L.

- *Sparger* terletak di bagian bawah bioreaktor dan berperan untuk memompa udara, dan mencegah pembentukan gelembung oksigen.

- Impeller berperan dalam agitasi dengan mengaduk campuran substrat dan sel. Impeller digerakkan oleh otor.
- Baffle berperan untuk encegah terjadinya efek pusaran air akibat agitasi yang dapat mengganggu agitasi yang eharusnya.
- Sensor berperan untuk mengontrol lingkungan dalam bioreaktor . Kontrol fisika meliputi sensor suhu, tekanan, agitasi, foam, dan kecepatan aliran. Sedangkan, kontrol kimia meliputi sensor pH, kadar oksigen, dan perubahan komposisi medium

Pada prinsipnya, ada dua komponen penting dalam proses biologis, yaitu biokatalis (berupa sel katalis atau makhluk hidup) dan keadaan lingkungan untuk berlangsungnya setiap reaksi metabolisme sel dibutuhkan enzim spesifik yang bertindak menjadi biokatalis. Bahan penyusun utama biokatalis berupa protein, yang mampu berfungsi dalam lingkungan yang sesuai. Lingkungan optimal bisa dicapai dengan menempatkan biokatalis pada wahana wahana yang disebut dengan bioreaktor.

Bioreaktor memberikan lingkungan fisik sehingga sel/biokatalis mampu melakukan interaksi engan lingkungan dan nutrisi yang dimasakkan ke dalamnya. Bioreaktor sebagai wahana bioproses memegang peranan penting untuk mendayagunakan reaksi-reaksi biokimiawi yang dilakukan oleh sel (mikroba, tanaman, dan hewan) atau enzim. Pemilihan bioreaktor sangat ditentukan oleh jenis makhluk hidup yang dipakai, sifat media tumbuh makhluk hidup tersebut, parameter bioproses yang akan dicapai, dan faktor-faktor produksi.

Optimalisasi proses biologis pada bioreaktor bisa diperoleh dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Nutrisi
- Inokulum sel atau makhluk hidup yang unggul
- Kondisi fisikokimiawi yang optimal
- Sumber energi

Fungsi utama bioreaktor adalah guna memberi kondisi lingkungan optimal dan terkendali dengan baik bagi biokatalis. Dengan demikian ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan pada perancangan bioreaktor, yaitu:

- Bentuk bioreaktor mudah untuk dioperasikan dan mudah pula dalam pemeliharaan
- Agitasi dan aerasi harus bisa diatur sesuai dengan kebutuhan biokatalis untuk melakukan metabolisme secara optimal.

- Pengendalian suhu, pH, dan faktor fisikokimia lain merupakan bagian perlengkapan *bioreactor*.
- Bentuk geometri serupa pada penggandaan skala, karena umumnya bioreaktor diuji terlebih dahulu dalam skala kecil.
- Proses evaporasi diupayakan tidak berlebihan.
- Konsumsi energi untuk pengoperasian dibuat seminimal mungkin.
- Proses evaporasi diupayakan tidak berlebihan.

Untuk kriteria desain dari reaktor, adalah seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.6. Kriteria Desain Bioreaktor

Kriteria Desain	Dimensi
Tinggi (kedalaman reaktor)	1,8 - 9,1 m
Lebar Tangki	1,5 – 2 kali tinggi tangka
Panjang Tangki	5 kali lebar tangka

Sumber : Reynold dan Richard, 1996

• **Lumpur Aktif (*activated sludge*)**

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan sistem biakan tersuspensi telah dipakai secara luas di seluruh dunia untuk pengolahan air limbah domestik. Proses ini secara prinsip adalah proses aerobik dimana senyawa organik dioksidasi menjadi CO₂ dan H₂O, NH₄ dan sel biomassa baru. Untuk suplai oksigen biasanya dengan menghembuskan udara secara mekanik. Sistem pengolahan air limbah dengan biakan tersuspensi yang paling umum dan telah difungsikan secara luas yakni proses pengolahan dengan sistem lumpur aktif

Sedangkan parameter penting dalam pengolahan lumpur aktif adalah :

- Beban BOD (*BOD loading rate* atau *volumetric loading rate*). Beban BOD yaitu jumlah massa BOD pada air limbah yang masuk dibagi volume reaktor. Persamaan yang digunakan adalah :

$$\text{Beban BOD} = \frac{Q \times S_0}{V} \dots \dots \dots (2-7)$$

Q = Debit air limbah (m³/hari)

S₀ = Konsentrasi BOD dalam air limbah yang masuk (kg/m³)

V = Volume reaktor (m³)

- *Mixed liquor suspended solid* (MLSS). Isi di dalam bak aerasi pada proses pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai *Mixed liquor* yang

merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya adalah mikroorganisme.

- *Mixed liquor volatile suspended solid* (MLVSS). Porsi material organik pada MLSS diwakili oleh MLVSS, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel.
- *Food to microorganism ratio* atau *food to mass ratio*, disingkat F/M ratio. Parameter ini menunjukkan jumlah zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisme di dalam bak aerasi atau reaktor. Biasanya nilai F/M ratio umumnya ditunjukkan dalam kilogram BOD per kilogram MLSS per hari. Persamaannya adalah :

$$\frac{F}{M} = \frac{Q(S_0 - S)}{MLSS \times V} \dots \dots \dots (2-8)$$

Q = Debit air limbah (m³/hari)

S₀ = Konsentrasi BOD dalam air limbah yang masuk (kg/m³)

S = Konsentrasi BOD dalam air limbah yang keluar (kg/m³)

V = Volume reaktor (m³)

MLSS = *Mixed Liquor suspended solid* (kg/m³)

- *Hydraulic retention time* (HRT). Waktu tinggal hidrolis (HRT) adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh larutan untuk masuk dalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif. Nilainya berbanding terbalik dengan laju pengenceran. Persamaan yang digunakan :

$$HRT = \frac{1}{D} = \frac{V}{Q} \dots \dots \dots (2-9)$$

V = Volume reaktor bak aerasi (m³/hari)

Q = Debit air limbah (m³/hari)

D = laju pengenceran (jam⁻¹)

- Rasio sirkulasi lumpur. Rasio sirkulasi lumpur adalah perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasi ke bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke bak aerasi.
- Umur lumpur, atau sering disebut waktu tinggal rata-rata (*mean cell residence time*). Parameter ini menunjukkan waktu tinggal rata-rata mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam bak aerasi dapat dalam hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba. Persamaan yang digunakan adalah :

$$umurlumpur(hari) = \frac{MLSSxV}{SSexQe+SSwxQw} \dots\dots\dots (2-10)$$

MLSS = *Mixed Liquor suspended solid* (kg/m³)

SSE = padatan tersuspensi dalam *Effluent* (mg/l)

SSW = Padatan tersuspensi dalam lumpur limbah (mg/l)

V = Volume reaktor bak aerasi (m³)

Qe = Laju efluen limbah (m³/hari)

Qw = Laju influen limbah (m³/hari)

- SVI (*Sludge Volume Index*). Volume mengendap sludge dari satu liter sampel selama 30 menit dibagi berat *sludge* kering per 1 liter *slugde*. Harga SVI < 100 dapat mengendap dengan baik, sedangkan SVI > 100 terjadi *bulking*. Pada pengolahan lumpur aktif secara konvensional dengan MLSS < 3.500 mg/l diperoleh nilai SVI normal antara 50 hingga 150 ml/gr.

Tabel 2.7. Kriteria Desain untuk *Conventional Activated Sludge*

<i>Tipe Activated Sludge</i>	Θ_c day-1	F/M kg BOD/kg	VL kg BOD/m ³	Θ hour	MLSS mg/L	<i>Recycle ratio, Q_r/Q</i>	<i>Flow regime</i>	Efisiensi penyisihan BOD, %	Suplai udara, m ³ /kg BOD5
<i>Conventional Activated Sludge</i>	4-15	0.2-0.4	0,3-0,6	4-8	1500-3000	0,25-0,50	PF	85-95	45-90

Sumber: Metcalf & Eddy,2004

2.8.3 Pengolahan tingkat ketiga (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan ini merupakan kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh sebab itu, pengolahan jenis ini baru akan dipergunakan jika pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya untuk masyarakat umum.

- Filtrasi

Filtrasi adalah pemisahan padat-cairan dimana cairan melalui media atau material untuk menyaring sebanyak mungkin suspended solids. Pada pengolahan air buangan filtrasi difungsikan untuk menyaring efluen dari pengolahan tahap kedua, yang telah diolah secara kimia, dan air limbah yang diolah menggunakan bahan kimia. Kecepatan filtrasi

untuk jenis open filter konvensional adalah 4 – 10 m/jam. Dimana kecepatan aliran pada bak filtrasi bisa dihitung dengan rumus $V_a = Q/A$.

- Disinfeksi/Klorinasi

Disinfeksi adalah proses untuk membunuh mikroorganisme patogen [14]. Disinfeksi bisa menggunakan klor, ozon, dan sinar ultraviolet. Desinfeksi dengan memakai klor selain dapat membunuh mikroorganisme patogen, juga dapat menghilangkan amoniak.

Proses ini merupakan proses terakhir dalam pengolahan air buangan, yaitu dengan membubuhkan khlor yang bertujuan untuk :

- Mereduksi bakteri golongan Colis dengan penambahan chlor sampai melewati *break event point*, sehingga terdapat chlor bebas.
- Penurunan ammonia bebas dengan *breakpoint chlorination*

Disinfeksi berguna untuk menghilangkan bakteri yang terdapat pada air buangan, khususnya bakteri golongan coli. Desinfeksi yang sering dipakai adalah Chlor (Cl_2) atau kaporit ($Ca(OCl)_2$). Sebelum digunakan kaporit ini dilarutkan air. Kadar Chlor dalam kaporit umumnya 70 %, sedangkan Khlor dalam Cl_2 dipasaran sampai 65 %. Untuk mendapatkan hasil yang baik, maka pencampuran chlor dan air buangan harus dibuat dengan dosis yang tepat.

2.8.4. Pengolahan Lumpur

Sludge drying beds adalah salah satu teknik pengeringan lumpur konvensional yang sering digunakan. Tipikal lapisan terdiri atas pasir kasar dengan tebal 15 – 25 cm di dasarnya dan lapisan di atasnya di beri batu pecah. Di dasar juga diberi *Effluent* berupa pipa berlubang sebagai underdrainnya. *Effluent* dari underdrain terkadang juga dikembalikan lagi ke unit pengolahan. Tipikal bentuk *sludge drying bed* umumnya persegi panjang. Lumpur di hamparkan pada *beds* dengan ketebalan 20 – 30 cm dan dibiarkan mengering. Periode pengeringan umumnya 10 – 15 hari.

Menurut Syed Qasim (1985) kriteria desain SDB adalah sebagai berikut:

- *Loading rate* = 150 – 400 kg/m² .tahun
- Tebal lapisan lumpur = 20 – 30 cm
- Tebal lapisan *bed* = 20 – 60 cm
- Rasio P:L = 1 – 4

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini difokuskan terhadap evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta.



Gambar 3.1. Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

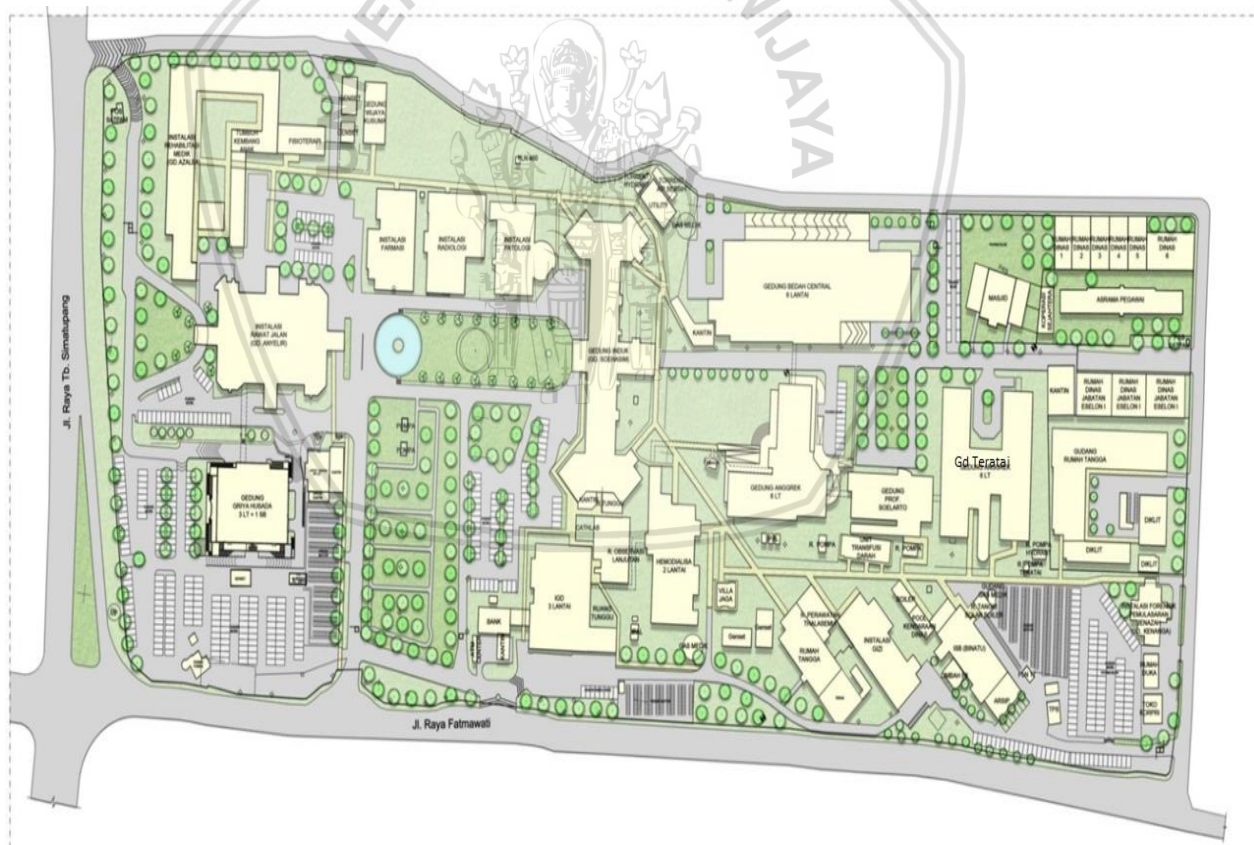
Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| 1. Poliklinik/Gd Griya Husada | 9. Gd. R. Soehasim |
| 2. Poliklinik/Gd Anyelir | 10. Bank BRI |
| 3. Rehabilitas Medik / Gd Azalea | 11. Gd. IGD |
| 4. Amarilys/WK/PTRM | 12. Boarding HC IGD |
| 5. Gd. Farmasi | 13. OK CITO /HD |
| 6. Gd. Radiologi | |
| 7. Gd. Patologi | |
| 8. Pos Satpam | |



- | |
|-----------------------------------|
| 14. Gd. Rawat Inap Anggrek |
| 15. Gd. Rawat Inap Prof. Soelarto |
| 16. Gd. Rawat Inap Teratai |
| 17. Gd. Penunjang Bougenville |
| 18. Rumah Dinas |
| 19. Diklit/Rumah Tangga |
| 20. IFPJ/Rumah Duka |
| 21. Gd. Binatu |
| 22. Gd. GIZI |
| 23. UTDRS |
| 24. GUDANG |

Gambar 3.2. Denah 3 dimensi Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati



Gambar 3.3. Denah Tampak Atas Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

3.1.1. Sejarah Pendirian Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Berawal dari gagasan Ibu Fatmawati Soekarno yang saat itu sebagai ibu Negara Republik Indonesia – untuk mendirikan Rumah Sakit Tuberkulose bagi anak – anak, baik

untuk perawatan maupun tindakan rehabilitasinya. Maka pada tanggal 30 Oktober 1953 Ibu Fatmawati menggalang dana sebagai modal pertama pendirian Yayasan Ibu Soekarno untuk pembangunan rumah sakit tersebut.

Melalui Yayasan Ibu Soekarno dan bantuan dari berbagai pihak antara lain Departemen Kesehatan, Yayasan Dana Bantuan Departemen Sosial Republik Indonesia, dan lain – lainnya; pembangunan gedung Rumah Sakit TBC Anak – anak dimulai dengan peletakan batu pertama pada tanggal 2 Oktober 1954 oleh Ibu Fatmawati Soekarno.

Pada tanggal 12 Desember 1958 Yayasan Ibu Soekarno menyerahkan proses pembangunan rumah sakit kepada Departemen Kesehatan R.I, dengan persetujuan dari Yayasan Dana Bantuan Departemen Sosial R.I. pada tanggal 9 September 1959.

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kesehatan R.I, tanggal 12 April 1961 fungsi rumah sakit berubah menjadi rumah sakit umum. Penyelenggaraan, pembiayaan dan pemeliharaan rumah sakit dilaksanakan oleh dan dengan anggaran Departemen Kesehatan R.I. Keputusan ini mulai berlaku tanggal 15 April 1961, dan selanjutnya ditetapkan sebagai Hari Jadi Rumah Sakit.

Atas usulan Dr. R. Soehasim selaku Direktur kepada Ibu Fatmawati Soekarno, maka pada tanggal 23 Mei 1967 Gubernur DKI Jakarta Ali Sadikin meresmikan perubahan nama RSU Ibu Soekarno menjadi R.S. Fatmawati sekaligus pemberian nama Jalan R.S. Fatmawati. Kemudian R.S. Fatmawati mengalami perubahan² dan peningkatan status, berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan R.I, Undang – undang, Peraturan Pemerintah dan penghargaan² berturut-turut sebagai berikut :

1. Tanggal 22 Februari 1979. RS Fatmawati sebagai Rumah Sakit Umum Pemerintah Kelas B sekaligus sebagai Pusat Rujukan Wilayah Jakarta Selatan.
2. Tanggal 30 Mei 1984, R.S. Fatmawati dipergunakan sebagai tempat pendidikan calon dokter dan calon dokter spesialis.
3. Tanggal 13 Juni 1994 R.S. Fatmawati ditetapkan sebagai Rumah Sakit Umum Pusat Kelas B Pendidikan.
4. Sejak bulan Juli 1997 RSUP Fatmawati mengalami perubahan status dari Unit Swadana menjadi Instansi Pengguna PNPB (Penerimaan Negara Bukan Pajak).
5. Tanggal 12 Desember 2000, R.S Fatmawati ditetapkan sebagai Perusahaan Jawatan Rumah Sakit Fatmawati Jakarta.
6. Tanggal 10 Oktober 2003 mendapatkan Penghargaan Internasional sebagai *The First Problem Solving for Better Health@ Hospital in Indonesia* dari The Dreyfus Health Foundation of New York

7. Pada Konvensi Kinerja Tim Klinis Rumah Sakit dalam rangka Hari Kesehatan Nasional Penghargaan ke 39 Tahun 2003, R.S. Fatmawati mendapatkan:
8. Sebagai Rumah Sakit Terbaik Kategori Tim Pengendalian Infeksi Nosokomial,
9. Sebagai Rumah Sakit Terbaik Kategori Tim Sosio Klinis Rumah Sakit (Tim Kesehatan Remaja).
10. Tanggal 14 April 2004 memperoleh status Akreditasi Penuh Tingkat Lengkap untuk 16 bidang pelayanan Dari hasil survei oleh Komisi Akreditasi Sakit dan Sarana Kesehatan Lainnya (KARS).
11. Tanggal 6 September 2004 mendapatkan Penghargaan dari Presiden R.I, berupa Trophy Citra Pelayanan Prima sebagai Unit Kerja Pelayanan Percontohan Terbaik.
12. Tanggal 25 November 2004 Penghargaan Unit Percontohan “Citra Pelayanan Prima Bidang Kesehatan” Tahun 2004.
13. Tanggal 11 Agustus 2005, diteiapkan sebagai Unit Pelaksana Teknis (UPT) Departemen Kesehatan R.I Dengan Menerapkan Pola Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum.
14. Tanggal 2 Desember 2005 Pemenang I Lomba Penilaian Infrastruktur Rumah Sakit untuk Mendukung Program Pengendalian Resistensi Anti Mikroba Tahun 2005.
15. Tanggal 20 s/d 23 November 2007 dilaksanakan Akreditasi kembali untuk 16 Pelayanan dan dengan Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI pada tanggal 25 Januari 2008 berhasil mendapatkan status Akreditasi Penuh Tingkat Lengkap.

Pada bulan Desember 2008 RSUP Fatmawati mendapatkan Piagam Penghargaan “Indonesian Hospital Management Award” pada acara PERSI AWARD-IHMA 2008, sebagai juara Harapan 1 Kategori Human Resources Development Project dengan judul : “Fatmawati Award dengan hadiah Umroh 2008”.

Pada tahun 2010, RSUP Fatmawati ditetapkan menjadi Rumah Sakit Kelas A Pendidikan dan berhasil mendapatkan status Akreditasi Penuh Tingkat Lengkap untuk ketiga kalinya. Selain itu, RSUP Fatmawati berhasil mendapatkan MDGs Award dari Wakil Presiden RI dalam rangka HKN Tahun 2010, serta memperoleh juara ke-2 Persi Award category Family Planning di bulan November 2010.

Pada tahun 2013 RSUP Fatmawati telah memenuhi Standar Akreditasi Rumah Sakit dan dinyatakan Lulus Tingkat Paripurna oleh Komisi Akreditasi Rumah Sakit (KARS). Dan pada tahun 2013 RSUP Fatmawati telah terakreditasi oleh Joint Comission International (JCI).

3.1.2 Profil Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati.

Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati beralamat di Jalan. RS Fatmawati, Cilandak, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia. Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati memiliki luas sebesar 13 ha. Saat ini jumlah tempat tidur yang tersedia di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati adalah 846 tempat tidur. Rumah Sakit Umum Fatmawati memiliki dokter berjumlah 285 orang, perawat berjumlah 1.338 orang dan tenaga non medis sebanyak 784 orang. Presentase tingkat hunian atau *Bed occupancy rate* (BOR) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sebesar 79,55%.

Sejak tahun 1979 RSUP Fatmawati telah lulus akreditasi rumah sakit yang dilaksanakan oleh Departemen Kesehatan RI. Proses ini terus berkelanjutan hingga akreditasi terakhir tahun 2013 RSUP fatmawati telah memenuhi standar akreditasi rumah sakit dan dinyatakan lulus tingkat paripurna Komisi Akreditasi Rumah Sakit (KARS).

3.1.3 Unit Penghasil Limbah Rumah Sakit

Adapun kegiatan rumah sakit yang menghasilkan limbah cair yang diolah oleh Unit ipal antara lain:

- Unit rawat inap
- Unit rawat jalan
- Instalasi gawat darurat
- Dapur
- Laundry
- Laboratorium
- Gizi
- Kantin
- Unit farmasi
- Rumah duka
- Unit Radiologi
- Perkantoran
- Unit Thalasemia
- Pendidikan
- Unit fisioterapi
- Asrama
- Kamar bedah
- Kamar bersalin
- Unit Hermodialisa

3.1.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Untuk ikut serta menjaga kesehatan lingkungan, Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati mempunyai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dioperasikan langsung oleh pihak rumah sakit. Semua jenis limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit dikelola pada Instalasi Pengolahan Air Limbah ini.

Limbah cair yang dihasilkan Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati terbagi menjadi dua jenis, yaitu limbah cair domestik dan limbah kegiatan medis. Limbah domestik bersumber dari kegiatan sehari-hari rumah sakit. Untuk limbah cair yang dihasilkan dari unit gizi, kantin dan laboratorium masuk ke grease trap terlebih dahulu sebelum dialirkan ke *sump pit* sementara limbah cair dari unit binatu masuk ke bak penangkap busa terlebih dahulu sebelum menuju ke *sump pit*. Untuk Unit penghasil limbah cair selain Unit gizi, laundry, kantin dan laboratorium langsung masuk ke *sump pit*. Di rumah sakit umum pusat fatmawati ini terdapat 16 *sump pit* yang menjadi unit pengumpul limbah cair dari bermacam-macam kegiatan di rumah sakit.

Hasil *effluent* Ipal dibuang menuju saluran drainase yang kemudian menuju badan air dalam hal ini adalah sungai grogol.

3.2 Metode pengumpulan data

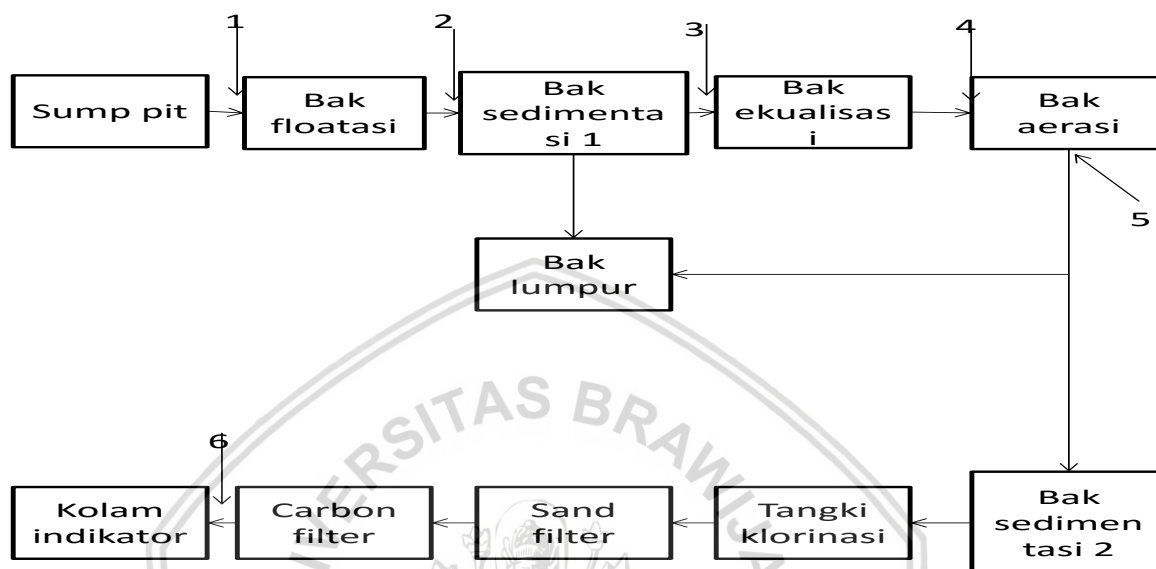
Dalam penelitian ini, akan diadakan studi lapangan di rumah sakit yang akan dijadikan studi kasus, yaitu rumah sakit umum pusat Fatmawati, Jakarta. Pada studi kasus ini akan dilakukan evaluasi yang berkaitan dengan efektifitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit umum pusat Fatmawati, Jakarta. Evaluasi yang akan diadakan adalah terhadap bangunan pengolahan air limbah yang ada, dihubungkan dengan input yang masuk, proses yang berjalan pada unit-unit yang ada di rumah sakit sebagai penghasil limbah, termasuk terhadap limbah yang dihasilkan pada akhir proses (*end of pipe*)

Evaluasi yang akan dilakukan merupakan perbandingan antara output air limbah yang dihasilkan dari unit Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan baku mutu air limbah yang diperbolehkan oleh pemerintah, pada hal ini mengacu pada peraturan gubernur DKI Jakarta No. 69 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi kesehatan dan atau usaha.

Dalam penelitian ini, data yang akan dipakai untuk melakukan evaluasi IPAL rumah sakit umum pusat fatmawati adalah data sekunder yang didapat dari pihak rumah sakit, beserta data primer hasil analisis di laboratorium berlandaskan hasil sampling terhadap kualitas limbah cair dalam unit pengolahan.

3.2.1 Penentuan lokasi pengambilan sampel Air Limbah

Untuk mengevaluasi efektifitas dari unit instalasi pengolahan Air Limbah yang sudah ada, maka perlu diadakan pemeriksaan kepada kualitas air buangan dari inlet dan outlet IPAL tersebut. Sampel diambil pada beberapa titik yang telah ditentukan. (yaitu titik 1,2,3,4,5 dan 6). Seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 3.4 Titik Pengambilan Sampel Air Limbah

Sumber : Data Penelitian

Pemilihan titik- titik tersebut berdasarkan pada analisa kebutuhan data untuk perhitungan unit- unit IPAL berlandaskan teori yang ada. Pengujian parameter bahan pencemar air limbah dilakukan di laboratorium swasta unilab perdana.

3.2.2 Pengambilan Sampel Air Limbah dan Pengujian di Laboratorium

Dalam penelitian ini, sampel air limbah diambil pada titik seperti yang terdapat pada gambar diatas. Pada masing-masing titik, pengambilan air sampel dibantu oleh pihak rumah sakit dan diambil berdasarkan waktu tinggal dari masing – masing unit IPAL yaitu pada pukul 10.00 wib untuk titik sampel 1, pukul 11.00 wib untuk titik sampel 2, pukul 20.00 wib untuk titik sampel 3, pukul 07.30 wib hari berikutnya untuk titik sampel 4, pukul 10.30 wib untuk titik sampel 5 dan pukul 12.00 wib untuk titik sampel 6. Sampel akan diuji di laboratorium swasta unilab perdana.

Setelah sampel air limbah diambil di lokasi penelitian, kemudian sampel ini akan dimasukan ke wadah yang telah dipersiapkan, dalam hal ini jerigen berukuran 2 liter dan 1 botol mikro. Kemudian, keseluruhan sampel air dibawa ke laboratorium untuk diuji. Hal ini ditujukan agar kualitas dari sampel tidak berubah karena penyimpanan yang terlalu lama.

3.2.3 Evaluasi Berdasarkan Data Sekunder

Selain evaluasi melalui analisis laboratorium, penelitian akan diteruskan dengan evaluasi efektifitas IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati berdasarkan data sekunder.

Secara umum dijabarkan sebagai berikut:

Analisa *input*:

- Jumlah pasien perhari
- Jumlah dokter , Perawat dan pegawai rumah sakit

Analisa proses:

- Unit yang ada di rumah sakit dalam hubungannya sebagai penghasil limbah
- Pola aliran (saluran limbah cair)
- Kondisi unit IPAL Rumah Sakit.

Analisa *output*:

- Pola aliran limbah cair dari setiap unit yang ada di RS sampai ke IPAL
- Kualitas dan kuantitas limbah cair yang masuk ke IPAL
- Efektifitas setiap unit yang ada di Instalasi Pengolahan Air Limbah, dikaitkan dengan presentase penurunan kadar pencemar pada air limbah.

3.3 Teknik pengolahan data

Berdasarkan data sekunder yang didapat pada studi lapangan ke IPAL rumah sakit umum pusat Fatmawati, setiap unit pengolahan akan dianalisis berlandaskan teori yang terdapat pada literatur. Analisa ini mencakup perhitungan efektifitas unit pengolah pada IPAL rumah sakit yang ditandai menggunakan persentase *removal* pencemar.

Kalkulasi persentase *removal* pencemar ini dilandaskan oleh data kualitas air limbah pada *inlet* dan *outlet* IPAL. Data *inlet* dan *outlet* IPAL akan dibandingkan nilainya nilainya untuk mengetahui efisiensi IPAL. Perhitungan efisiensi tersebut berdasarkan pada rumus:

$$\%Removal = \frac{\text{nilai parameter di inlet} - \text{nilai parameter di outlet}}{\text{nilai parameter di inlet}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-1)$$

Evaluasi IPAL ini akan dilandaskan oleh besarnya persentase *removal* dan perbandingan kualitas effluent dengan baku mutu yang diizinkan (berdasarkan peraturan gubernur no. 69 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha).

Untuk data yang didapat dari analisis laboratorium, evaluasi akan diadakan untuk tiap-tiap unit yang akan diketahui efektifitasnya. Atas perhitungan ini akan diketahui persentase *removal* kadar pencemar di unit pengolahan tersebut. Adapun persentase *removal* kadar pencemar dapat diketahui dengan rumus:

$$\%BOD\ Removal = \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-2)$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{TSS_{in} - TSS_{out}}{TSS_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-3)$$

Jumlah persentase *removal* ini akan menjadi standar untuk mengevaluasi unit pengolahan fisik dan biologis yang terdapat di Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati.

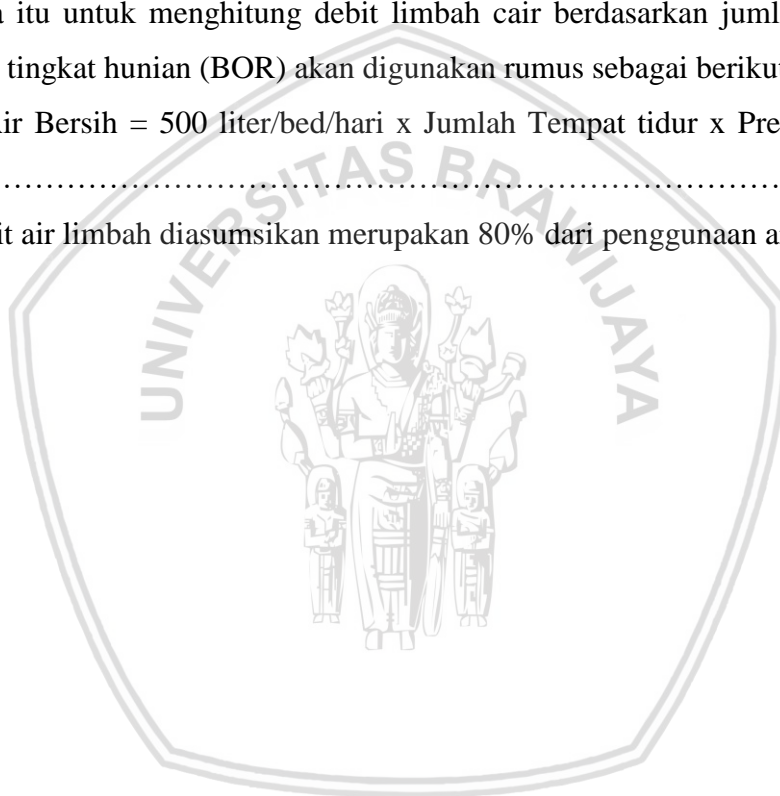
Untuk menghitung waktu tinggal yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$waktu\ tinggal = \frac{volume\ unit\ IPAL}{Debit\ limbah\ cair\ m^3/jam} \dots\dots\dots (3-4)$$

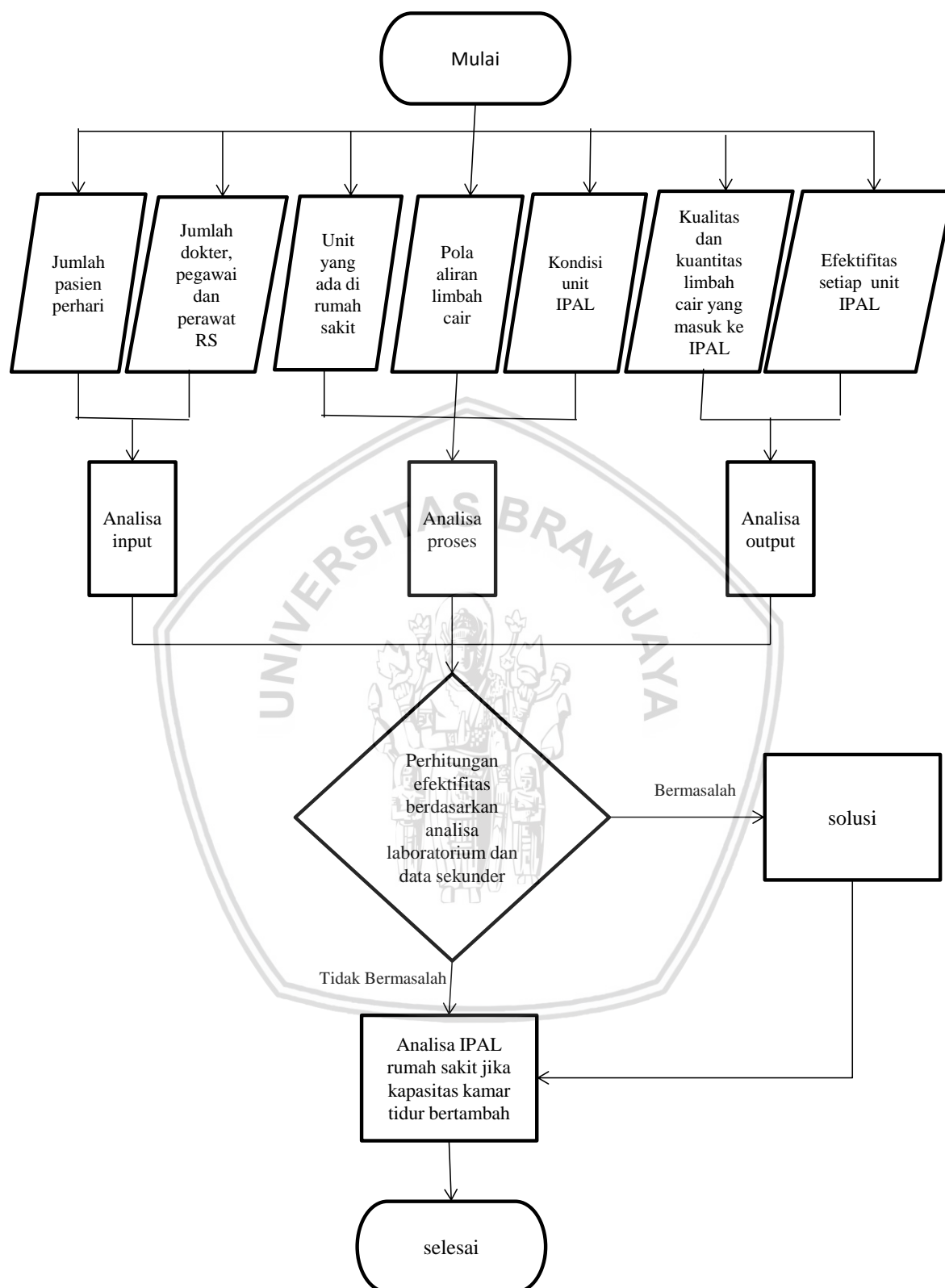
Sementara itu untuk menghitung debit limbah cair berdasarkan jumlah tempat tidur dan presentase tingkat hunian (BOR) akan digunakan rumus sebagai berikut:

$$Penggunaan\ Air\ Bersih = 500\ liter/bed/hari \times Jumlah\ Tempat\ tidur \times Presentase\ Tingkat\ hunian\ (BOR) \dots\dots\dots (3-5)$$

Maka debit air limbah diasumsikan merupakan 80% dari penggunaan air bersih



3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Hasil Olahan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini difokuskan terhadap evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta.



Gambar 3.1. Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| 1. Poliklinik/Gd Griya Husada | 9. Gd. R. Soehasim |
| 2. Poliklinik/Gd Anyelir | 10. Bank BRI |
| 3. Rehabilitas Medik / Gd Azalea | 11. Gd. IGD |
| 4. Amarilys/WK/PTRM | 12. Boarding HC IGD |
| 5. Gd. Farmasi | 13. OK CITO /HD |
| 6. Gd. Radiologi | |
| 7. Gd. Patologi | |
| 8. Pos Satpam | |

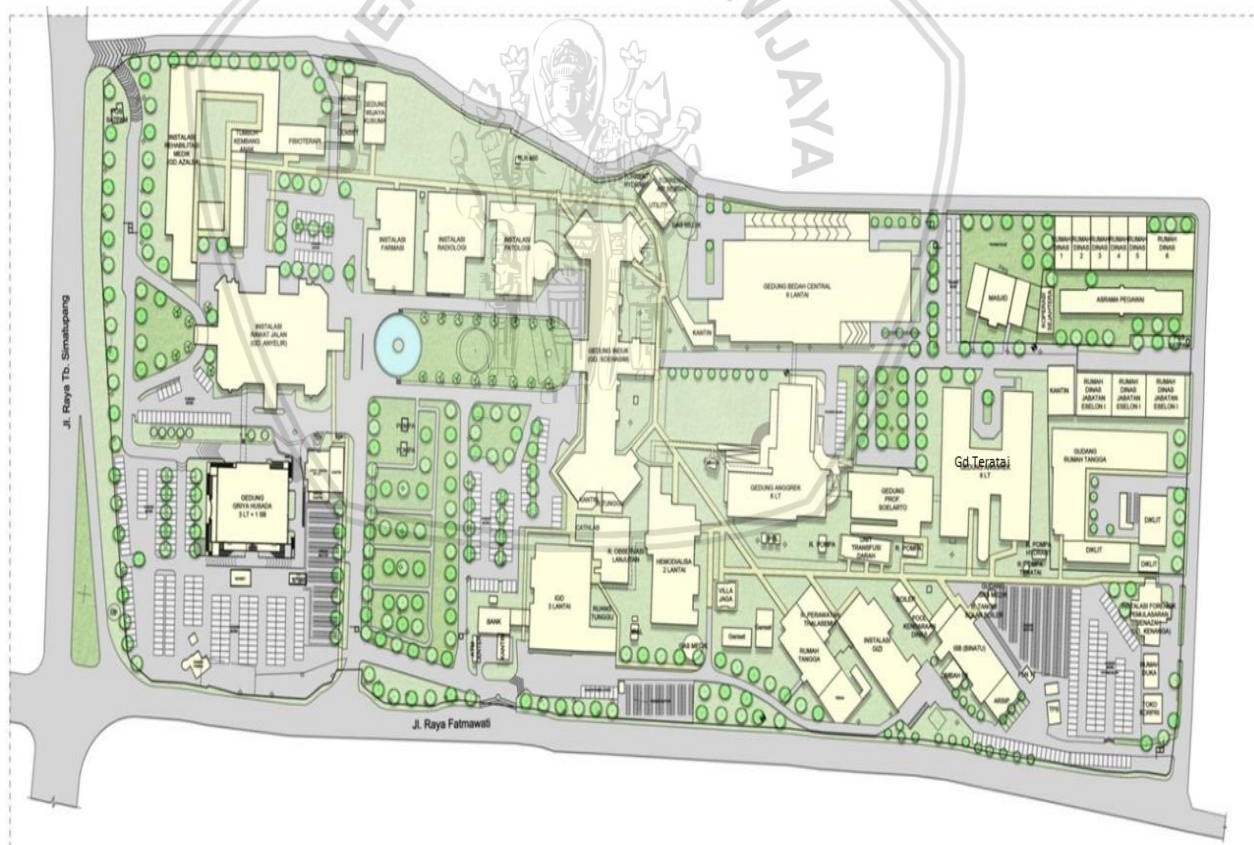


- | |
|-----------------------------------|
| 14. Gd. Rawat Inap Anggrek |
| 15. Gd. Rawat Inap Prof. Soelarto |
| 16. Gd. Rawat Inap Teratai |
| 17. Gd. Penunjang Bougenville |
| 18. Rumah Dinas |
| 19. Diklit/Rumah Tangga |
| 20. IFPJ/Rumah Duka |
| 21. Gd. Binatu |
| 22. Gd. GIZI |
| 23. UTDRS |
| 24. GUDANG |

RSUP FATMAWATI

#IPSR

Gambar 3.2. Denah 3 dimensi Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati



Gambar 3.3. Denah Tampak Atas Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

3.1.1. Sejarah Pendirian Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Berawal dari gagasan Ibu Fatmawati Soekarno yang saat itu sebagai ibu Negara Republik Indonesia – untuk mendirikan Rumah Sakit Tuberkulose bagi anak – anak, baik

untuk perawatan maupun tindakan rehabilitasinya. Maka pada tanggal 30 Oktober 1953 Ibu Fatmawati menggalang dana sebagai modal pertama pendirian Yayasan Ibu Soekarno untuk pembangunan rumah sakit tersebut.

Melalui Yayasan Ibu Soekarno dan bantuan dari berbagai pihak antara lain Departemen Kesehatan, Yayasan Dana Bantuan Departemen Sosial Republik Indonesia, dan lain – lainnya; pembangunan gedung Rumah Sakit TBC Anak – anak dimulai dengan peletakan batu pertama pada tanggal 2 Oktober 1954 oleh Ibu Fatmawati Soekarno.

Pada tanggal 12 Desember 1958 Yayasan Ibu Soekarno menyerahkan proses pembangunan rumah sakit kepada Departemen Kesehatan R.I, dengan persetujuan dari Yayasan Dana Bantuan Departemen Sosial R.I. pada tanggal 9 September 1959.

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kesehatan R.I, tanggal 12 April 1961 fungsi rumah sakit berubah menjadi rumah sakit umum. Penyelenggaraan, pembiayaan dan pemeliharaan rumah sakit dilaksanakan oleh dan dengan anggaran Departemen Kesehatan R.I. Keputusan ini mulai berlaku tanggal 15 April 1961, dan selanjutnya ditetapkan sebagai Hari Jadi Rumah Sakit.

Atas usulan Dr. R. Soehasim selaku Direktur kepada Ibu Fatmawati Soekarno, maka pada tanggal 23 Mei 1967 Gubernur DKI Jakarta Ali Sadikin meresmikan perubahan nama RSU Ibu Soekarno menjadi R.S. Fatmawati sekaligus pemberian nama Jalan R.S. Fatmawati. Kemudian R.S. Fatmawati mengalami perubahan² dan peningkatan status, berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan R.I, Undang – undang, Peraturan Pemerintah dan penghargaan² berturut-turut sebagai berikut :

1. Tanggal 22 Februari 1979. RS Fatmawati sebagai Rumah Sakit Umum Pemerintah Kelas B sekaligus sebagai Pusat Rujukan Wilayah Jakarta Selatan.
2. Tanggal 30 Mei 1984, R.S. Fatmawati dipergunakan sebagai tempat pendidikan calon dokter dan calon dokter spesialis.
3. Tanggal 13 Juni 1994 R.S. Fatmawati ditetapkan sebagai Rumah Sakit Umum Pusat Kelas B Pendidikan.
4. Sejak bulan Juli 1997 RSUP Fatmawati mengalami perubahan status dari Unit Swadana menjadi Instansi Pengguna PNPB (Penerimaan Negara Bukan Pajak).
5. Tanggal 12 Desember 2000, R.S Fatmawati ditetapkan sebagai Perusahaan Jawatan Rumah Sakit Fatmawati Jakarta.
6. Tanggal 10 Oktober 2003 mendapatkan Penghargaan Internasional sebagai *The First Problem Solving for Better Health@ Hospital in Indonesia* dari The Dreyfus Health Foundation of New York

7. Pada Konvensi Kinerja Tim Klinis Rumah Sakit dalam rangka Hari Kesehatan Nasional Penghargaan ke 39 Tahun 2003, R.S. Fatmawati mendapatkan:
8. Sebagai Rumah Sakit Terbaik Kategori Tim Pengendalian Infeksi Nosokomial,
9. Sebagai Rumah Sakit Terbaik Kategori Tim Sosio Klinis Rumah Sakit (Tim Kesehatan Remaja).
10. Tanggal 14 April 2004 memperoleh status Akreditasi Penuh Tingkat Lengkap untuk 16 bidang pelayanan Dari hasil survei oleh Komisi Akreditasi Sakit dan Sarana Kesehatan Lainnya (KARS).
11. Tanggal 6 September 2004 mendapatkan Penghargaan dari Presiden R.I, berupa Trophy Citra Pelayanan Prima sebagai Unit Kerja Pelayanan Percontohan Terbaik.
12. Tanggal 25 November 2004 Penghargaan Unit Percontohan “Citra Pelayanan Prima Bidang Kesehatan” Tahun 2004.
13. Tanggal 11 Agustus 2005, diteiapkan sebagai Unit Pelaksana Teknis (UPT) Departemen Kesehatan R.I Dengan Menerapkan Pola Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum.
14. Tanggal 2 Desember 2005 Pemenang I Lomba Penilaian Infrastruktur Rumah Sakit untuk Mendukung Program Pengendalian Resistensi Anti Mikroba Tahun 2005.
15. Tanggal 20 s/d 23 November 2007 dilaksanakan Akreditasi kembali untuk 16 Pelayanan dan dengan Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI pada tanggal 25 Januari 2008 berhasil mendapatkan status Akreditasi Penuh Tingkat Lengkap.

Pada bulan Desember 2008 RSUP Fatmawati mendapatkan Piagam Penghargaan “Indonesian Hospital Management Award” pada acara PERSI AWARD-IHMA 2008, sebagai juara Harapan 1 Kategori Human Resources Development Project dengan judul : “Fatmawati Award dengan hadiah Umroh 2008”.

Pada tahun 2010, RSUP Fatmawati ditetapkan menjadi Rumah Sakit Kelas A Pendidikan dan berhasil mendapatkan status Akreditasi Penuh Tingkat Lengkap untuk ketiga kalinya. Selain itu, RSUP Fatmawati berhasil mendapatkan MDGs Award dari Wakil Presiden RI dalam rangka HKN Tahun 2010, serta memperoleh juara ke-2 Persi Award category Family Planning di bulan November 2010.

Pada tahun 2013 RSUP Fatmawati telah memenuhi Standar Akreditasi Rumah Sakit dan dinyatakan Lulus Tingkat Paripurna oleh Komisi Akreditasi Rumah Sakit (KARS). Dan pada tahun 2013 RSUP Fatmawati telah terakreditasi oleh Joint Comission International (JCI).

3.1.2 Profil Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati.

Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati beralamat di Jalan. RS Fatmawati, Cilandak, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia. Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati memiliki luas sebesar 13 ha. Saat ini jumlah tempat tidur yang tersedia di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati adalah 846 tempat tidur. Rumah Sakit Umum Fatmawati memiliki dokter berjumlah 285 orang, perawat berjumlah 1.338 orang dan tenaga non medis sebanyak 784 orang. Presentase tingkat hunian atau *Bed occupancy rate* (BOR) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sebesar 79,55%.

Sejak tahun 1979 RSUP Fatmawati telah lulus akreditasi rumah sakit yang dilaksanakan oleh Departemen Kesehatan RI. Proses ini terus berkelanjutan hingga akreditasi terakhir tahun 2013 RSUP fatmawati telah memenuhi standar akreditasi rumah sakit dan dinyatakan lulus tingkat paripurna Komisi Akreditasi Rumah Sakit (KARS).

3.1.3 Unit Penghasil Limbah Rumah Sakit

Adapun kegiatan rumah sakit yang menghasilkan limbah cair yang diolah oleh Unit ipal antara lain:

- Unit rawat inap
- Unit rawat jalan
- Instalasi gawat darurat
- Dapur
- Laundry
- Laboratorium
- Gizi
- Kantin
- Unit farmasi
- Rumah duka
- Unit Radiologi
- Perkantoran
- Unit Thalasemia
- Pendidikan
- Unit fisioterapi
- Asrama
- Kamar bedah
- Kamar bersalin
- Unit Hermodialisa

3.1.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Untuk ikut serta menjaga kesehatan lingkungan, Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati mempunyai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dioperasikan langsung oleh pihak rumah sakit. Semua jenis limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit dikelola pada Instalasi Pengolahan Air Limbah ini.

Limbah cair yang dihasilkan Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati terbagi menjadi dua jenis, yaitu limbah cair domestik dan limbah kegiatan medis. Limbah domestik bersumber dari kegiatan sehari-hari rumah sakit. Untuk limbah cair yang dihasilkan dari unit gizi, kantin dan laboratorium masuk ke grease trap terlebih dahulu sebelum dialirkan ke *sump pit* sementara limbah cair dari unit binatu masuk ke bak penangkap busa terlebih dahulu sebelum menuju ke *sump pit*. Untuk Unit penghasil limbah cair selain Unit gizi, laundry, kantin dan laboratorium langsung masuk ke *sump pit*. Di rumah sakit umum pusat fatmawati ini terdapat 16 *sump pit* yang menjadi unit pengumpul limbah cair dari bermacam-macam kegiatan di rumah sakit.

Hasil *effluent* Ipal dibuang menuju saluran drainase yang kemudian menuju badan air dalam hal ini adalah sungai grogol.

3.2 Metode pengumpulan data

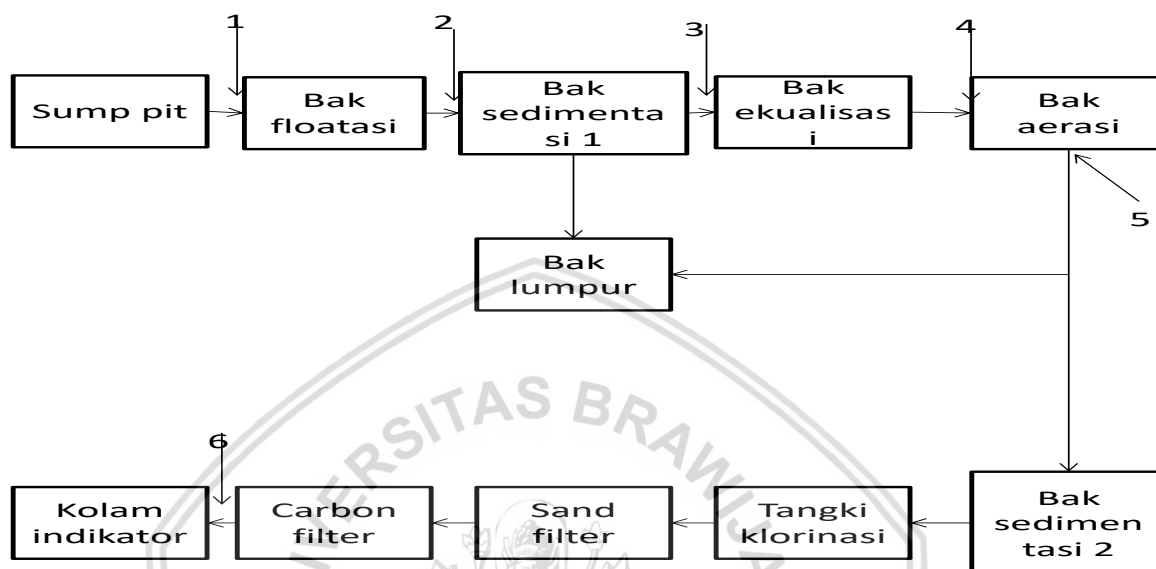
Dalam penelitian ini, akan diadakan studi lapangan di rumah sakit yang akan dijadikan studi kasus, yaitu rumah sakit umum pusat Fatmawati, Jakarta. Pada studi kasus ini akan dilakukan evaluasi yang berkaitan dengan efektifitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit umum pusat Fatmawati, Jakarta. Evaluasi yang akan diadakan adalah terhadap bangunan pengolahan air limbah yang ada, dihubungkan dengan input yang masuk, proses yang berjalan pada unit-unit yang ada di rumah sakit sebagai penghasil limbah, termasuk terhadap limbah yang dihasilkan pada akhir proses (*end of pipe*)

Evaluasi yang akan dilakukan merupakan perbandingan antara output air limbah yang dihasilkan dari unit Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan baku mutu air limbah yang diperbolehkan oleh pemerintah, pada hal ini mengacu pada peraturan gubernur DKI Jakarta No. 69 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi kesehatan dan atau usaha.

Dalam penelitian ini, data yang akan dipakai untuk melakukan evaluasi IPAL rumah sakit umum pusat fatmawati adalah data sekunder yang didapat dari pihak rumah sakit, beserta data primer hasil analisis di laboratorium berlandaskan hasil sampling terhadap kualitas limbah cair dalam unit pengolahan.

3.2.1 Penentuan lokasi pengambilan sampel Air Limbah

Untuk mengevaluasi efektifitas dari unit instalasi pengolahan Air Limbah yang sudah ada, maka perlu diadakan pemeriksaan kepada kualitas air buangan dari inlet dan outlet IPAL tersebut. Sampel diambil pada beberapa titik yang telah ditentukan. (yaitu titik 1,2,3,4,5 dan 6). Seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 3.4 Titik Pengambilan Sampel Air Limbah

Sumber : Data Penelitian

Pemilihan titik- titik tersebut berdasarkan pada analisa kebutuhan data untuk perhitungan unit- unit IPAL berlandaskan teori yang ada. Pengujian parameter bahan pencemar air limbah dilakukan di laboratorium swasta unilab perdana.

3.2.2 Pengambilan Sampel Air Limbah dan Pengujian di Laboratorium

Dalam penelitian ini, sampel air limbah diambil pada titik seperti yang terdapat pada gambar diatas. Pada masing-masing titik, pengambilan air sampel dibantu oleh pihak rumah sakit dan diambil berdasarkan waktu tinggal dari masing – masing unit IPAL yaitu pada pukul 10.00 wib untuk titik sampel 1, pukul 11.00 wib untuk titik sampel 2, pukul 20.00 wib untuk titik sampel 3, pukul 07.30 wib hari berikutnya untuk titik sampel 4, pukul 10.30 wib untuk titik sampel 5 dan pukul 12.00 wib untuk titik sampel 6. Sampel akan diuji di laboratorium swasta unilab perdana.

Setelah sampel air limbah diambil di lokasi penelitian, kemudian sampel ini akan dimasukan ke wadah yang telah dipersiapkan, dalam hal ini jerigen berukuran 2 liter dan 1 botol mikro. Kemudian, keseluruhan sampel air dibawa ke laboratorium untuk diuji. Hal ini ditujukan agar kualitas dari sampel tidak berubah karena penyimpanan yang terlalu lama.

3.2.3 Evaluasi Berdasarkan Data Sekunder

Selain evaluasi melalui analisis laboratorium, penelitian akan diteruskan dengan evaluasi efektifitas IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati berdasarkan data sekunder.

Secara umum dijabarkan sebagai berikut:

Analisa *input*:

- Jumlah pasien perhari
- Jumlah dokter , Perawat dan pegawai rumah sakit

Analisa proses:

- Unit yang ada di rumah sakit dalam hubungannya sebagai penghasil limbah
- Pola aliran (saluran limbah cair)
- Kondisi unit IPAL Rumah Sakit.

Analisa *output*:

- Pola aliran limbah cair dari setiap unit yang ada di RS sampai ke IPAL
- Kualitas dan kuantitas limbah cair yang masuk ke IPAL
- Efektifitas setiap unit yang ada di Instalasi Pengolahan Air Limbah, dikaitkan dengan presentase penurunan kadar pencemar pada air limbah.

3.3 Teknik pengolahan data

Berdasarkan data sekunder yang didapat pada studi lapangan ke IPAL rumah sakit umum pusat Fatmawati, setiap unit pengolahan akan dianalisis berlandaskan teori yang terdapat pada literatur. Analisa ini mencakup perhitungan efektifitas unit pengolah pada IPAL rumah sakit yang ditandai menggunakan persentase *removal* pencemar.

Kalkulasi persentase *removal* pencemar ini dilandaskan oleh data kualitas air limbah pada *inlet* dan *outlet* IPAL. Data *inlet* dan *outlet* IPAL akan dibandingkan nilainya nilainya untuk mengetahui efisiensi IPAL. Perhitungan efisiensi tersebut berdasarkan pada rumus:

$$\%Removal = \frac{\text{nilai parameter di inlet} - \text{nilai parameter di outlet}}{\text{nilai parameter di inlet}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-1)$$

Evaluasi IPAL ini akan dilandaskan oleh besarnya persentase *removal* dan perbandingan kualitas effluent dengan baku mutu yang diizinkan (berdasarkan peraturan gubernur no. 69 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha).

Untuk data yang didapat dari analisis laboratorium, evaluasi akan diadakan untuk tiap-tiap unit yang akan diketahui efektifitasnya. Atas perhitungan ini akan diketahui persentase *removal* kadar pencemar di unit pengolahan tersebut. Adapun persentase *removal* kadar pencemar dapat diketahui dengan rumus:

$$\%BOD\ Removal = \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-2)$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{TSS_{in} - TSS_{out}}{TSS_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-3)$$

Jumlah persentase *removal* ini akan menjadi standar untuk mengevaluasi unit pengolahan fisik dan biologis yang terdapat di Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati.

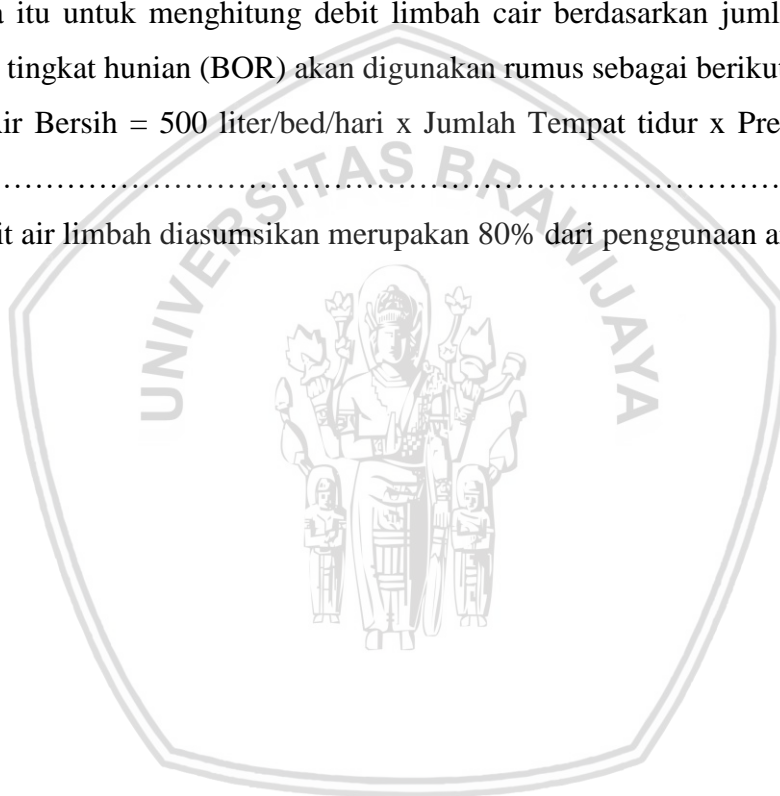
Untuk menghitung waktu tinggal yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$waktu\ tinggal = \frac{volume\ unit\ IPAL}{Debit\ limbah\ cair\ m^3/jam} \dots\dots\dots (3-4)$$

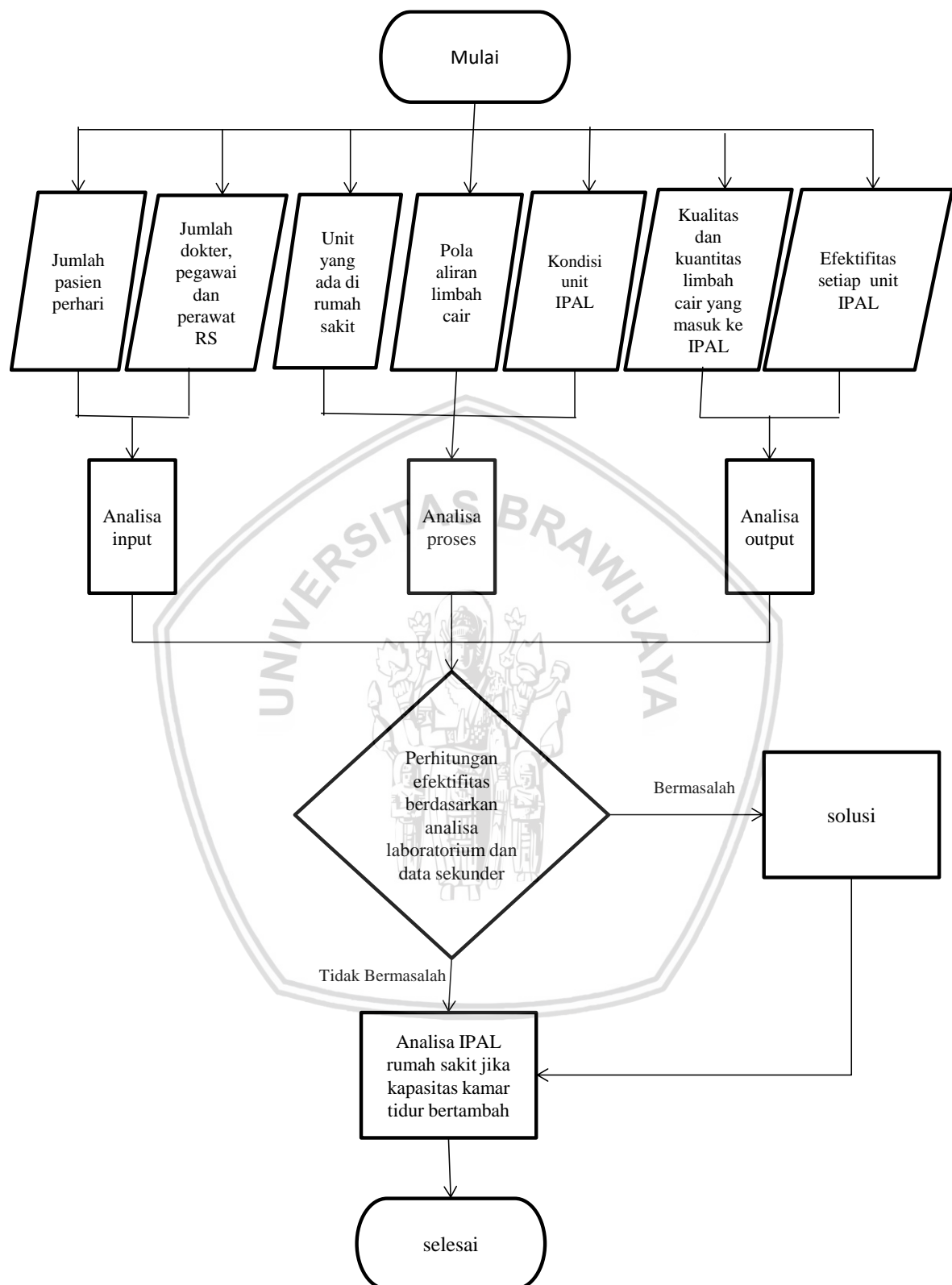
Sementara itu untuk menghitung debit limbah cair berdasarkan jumlah tempat tidur dan presentase tingkat hunian (BOR) akan digunakan rumus sebagai berikut:

$$Penggunaan\ Air\ Bersih = 500\ liter/bed/hari \times Jumlah\ Tempat\ tidur \times Presentase\ Tingkat\ hunian\ (BOR) \dots\dots\dots (3-5)$$

Maka debit air limbah diasumsikan merupakan 80% dari penggunaan air bersih



3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Hasil Olahan

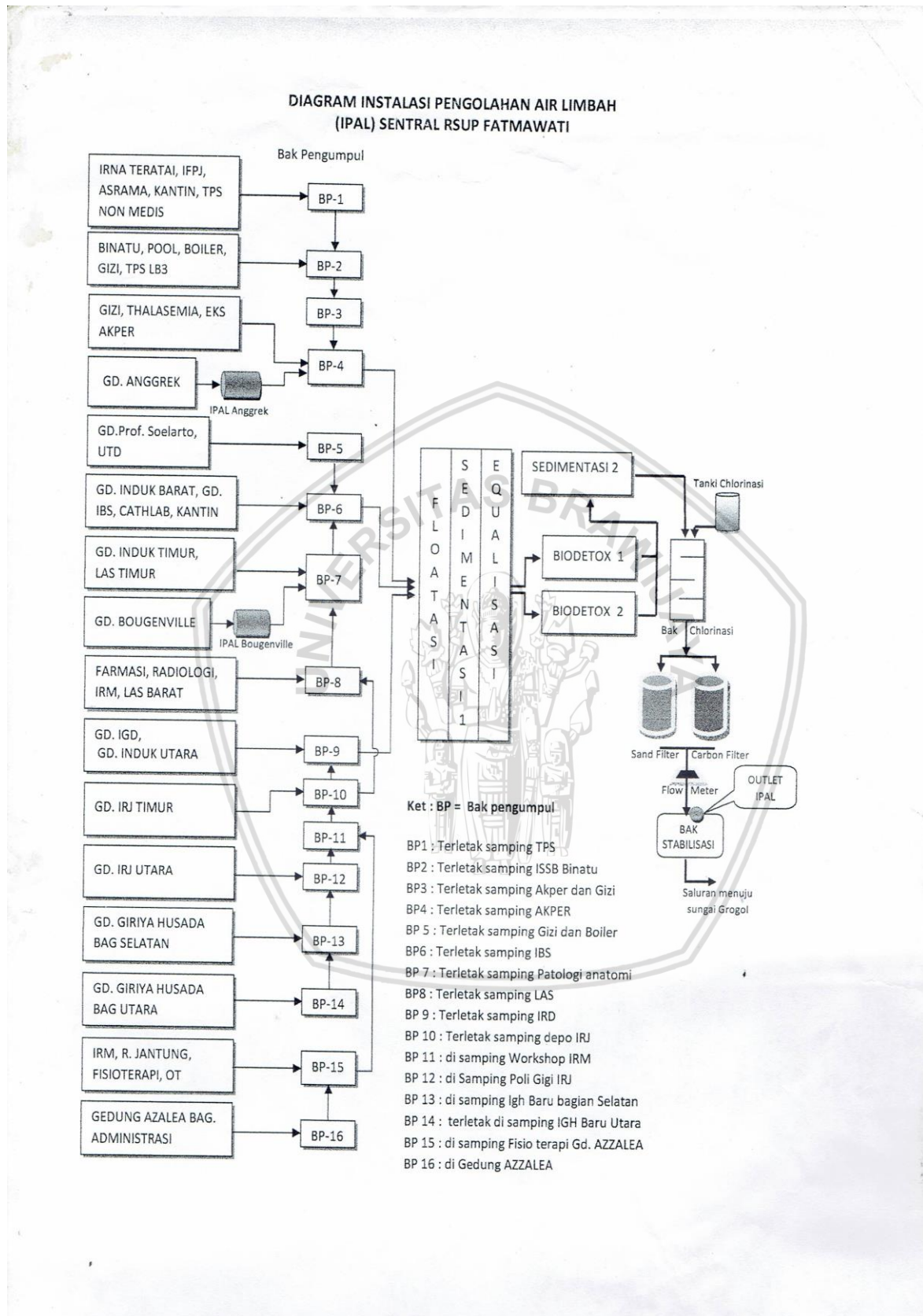
BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Umum

IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati terletak pada lahan berukuran seluas 300 m². Secara umum, sistem pengelolaan limbah cair yang terdapat pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati cukup baik. Hal ini terlihat dari adanya septic tank pada setiap bangunan unit-unit kesehatan dan perawatan pasien yang dilengkapi dengan bak kontrol untuk mengolah air limbah terutama dari toilet sehingga proses anaerobic dapat terjadi untuk meminimalisasi parameter pencemar terutama COD dan BOD sebelum diolah oleh IPAL. Untuk limbah non WC seperti air cucian dari wastafel atau keran keran pada setiap unit kesehatan langsung dialirkan menuju *sump pit* untuk selanjutnya dialirkan ke IPAL. Hanya saja pada IPAL yang terdapat pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati tidak ada nya pemisahan limbah medis dan non medis dalam pengolahannya.

Dalam pelaksanaannya, limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan di rumah sakit ini seluruhnya diolah di IPAL rumah sakit. IPAL di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati ini menggunakan desain lama dimana hampir semua unit menggunakan metode manual tanpa menggunakan mesin dan pengolahan utama terletak pada unit aerasi. Untuk limbah yang akan diolah di IPAL, akan dikumpulkan di beberapa *sump pit* yang terletak di 16 lokasi berbeda untuk kemudian di pompakan ke IPAL rumah sakit. IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati menggunakan sistem biologis dengan memanfaatkan mikroorganisme berupa bakteri yang dibiakkan terpisah dan ditambahkan ke unit pengolahan bila diperlukan



Gambar 4.1 Skema Pengolahan Air Limbah di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Sumber: Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, 2018

4.2 Kondisi Eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah

A. Bak penangkap lemak (*Grease Trap*)

Air limbah dari unit Gizi dan kantin sebelum masuk ke *sump pit* dimasukan ke *grease trap* terlebih dahulu yang berfungsi untuk memisahkan lemak yang terkandung dalam air limbah sehingga tidak mengganggu kinerja unit selanjutnya.



Gambar 4.2. *Grease Trap*

Sumber: Dokumentasi penulis

Grease trap ini terbuat dari material beton bertulang dan berukuran 2m x 1m x 1,2m dengan kapasitas 2,4 m³.

B. Bak penangkap busa

Air limbah dari unit Laundry sebelum masuk ke *sump pit* dimasukan ke bak penangkap busa terlebih dahulu yang berfungsi untuk memisahkan busa yang terkandung dalam air limbah sehingga tidak mengganggu kinerja unit selanjutnya.



Gambar 4.3. Bak Penangkap Busa

Sumber: Dokumentasi penulis

Bak penangkap busa ini terbuat dari material beton bertulang dan memiliki kapasitas $1,8\text{m}^3$ dengan dimensi $1,5\text{m} \times 1\text{m} \times 1,2\text{m}$.

C. Bak Penampung (*Sump Pit*)

Air limbah dari bermacam-macam kegiatan rumah sakit, setelah melalui saluran-saluran tertutup, masuk ke dalam unit pengumpul air limbah (*Sump Pit*). Pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati terdapat 16 unit *sump pit* yang semuanya di pasang di pekarangan rumah sakit dengan lokasi berdekatan. Masing-masing *sump pit* menampung limbah cair dari kegiatan yang beragam.

Sump pit ini adalah unit pengumpul dengan kapasitas 4m^3 dan 6m^3 . Dari beragam kegiatan rumah sakit yang menghasilkan limbah, ada pipa-pipa atau saluran yang terhubung menuju *sump pit* tertentu. Limbah cair dari kegiatan itu akan masuk ke *sump pit* sebelum akhirnya dialirkan menuju unit IPAL. *Sump pit* ini terbuat dari material beton bertulang dan berbentuk kotak. Pada tiap-tiap *sump pit* juga terdapat panel kontrol dan pompa submersible yang berguna untuk memompakan limbah cair yang telah terkumpul di *sump pit* untuk masuk ke unit IPAL karena penyaluran air secara gravitasi tidak memungkinkan. Adapun sumber limbah cair yang masuk ke masing-masing sumpit digambarkan seperti bagan berikut ini.

Sumber: Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, 2018

Lokasi dari ke 16 *sump pit* yang ada di Rumah Sakit Umum Fatmawati yaitu:

- *Sump pit* 1 : Terletak samping TPS
- *Sump pit* 2 : Terletak samping ISSB Binatu
- *Sump pit* 3 : terletak samping Akper dan Gizi
- *Sump pit* 4 : Terletak samping Akper
- *Sump pit* 5 : Terletak samping Gizi dan Boiler
- *Sump pit* 6 : Terletak samping IBS
- *Sump pit* 7 : Terletak samping Patologi Anatomi
- *Sump pit* 8 : Terletak samping LAS
- *Sump pit* 9 : Terletak samping IRD
- *Sump pit* 10 : Terletak samping depo IRJ
- *Sump pit* 11 : di samping Workshop IRM
- *Sump pit* 12 : di samping Poli Gigi IRJ
- *Sump pit* 13 : di samping IGH baru bagian selatan
- *Sump pit* 14 : Terletak di samping IGH baru utara
- *Sump pit* 15 : di samping fisioterapi Gedung Azzalea
- *Sump pit* 16 : di Gedung Azzalea

D. Bak Floatasi

Setelah limbah cair dari berbagai kegiatan rumah sakit dikumpulkan di *sump pit*, limbah cair di masuk kan ke dalam bak flotasi. Bak flotasi berguna untuk memisahkan padatan tersuspensi pada limbah seperti proses pemisahan lemak dan minyak (*oil and grease removal*), pemisahan padatan pada pengolahan awal dan pengolahan lanjutan, pemindahan floc setelah pengolahan kimia, dan pengentalan lumpur (*sludge thickening*).



Gambar 4.5 Bak Flotasi

Sumber: Dokumentasi penulis

Unit ini memiliki dimensi 5.75 x 1.25 x 2.25 m dengan kapasitas 16.17 m. dalam bak flotasi yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Fatmawati ini menggunakan filter yang terbuat dari material beton bertulang.

E. Bak Sedimentasi

Pada Instalasi Pengolahan Air limbah di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati terdapat 2 bak sedimentasi. Bak sedimentasi yang pertama berada di pengolahan awal setelah bak flotasi dan bak sedimentasi kedua terletak di pengolahan akhir setelah pengolahan utama pada bak aerasi. Bak sedimentasi 1 memiliki dimensi 9.67 m x 5.25 m x 3.25 m dengan kapasitas 165 m³ dan terbuat dari material beton bertulang. sedangkan untuk bak sedimentasi 2 memiliki dimensi 5 m x 4 m x 3 m dengan kapasitas 60 m³ dan terbuat dari tangki. Pada bak sedimentasi 1 ini terjadi proses pengendapan lumpur dengan menggunakan tawas. sedangkan bak sedimentasi 2 hanya merupakan pengolahan tambahan untuk mengantisipasi adanya sisa lumpur yang terkandung pada air limbah setelah melalui bak aerasi. Dari unit ini, air yang telah terpisah dari lumpur akan masuk ke bak ekualisasi, sedangkan lumpur akan dimasukkan kedalam bak lumpur.



Gambar 4.6 Bak Sedimentasi

Sumber: Dokumentasi penulis

F. Bak Lumpur.

Sedimen yang mengendap pada bak sedimentasi akan masuk ke bak pengumpul lumpur. Bak ini berbentuk kotak terbuat dari material beton bertulang dengan kapasitas 7,84 m³ dan dimensi 1m x 2,8m x 2,8m. Lumpur yang masuk ke bak lumpur ini berasal dari unit bak sedimentasi dan bak aerasi.

Lumpur yang terkumpul di bak pengumpul lumpur ini akan di press menggunakan filter press. Dari proses ini, air yang dihasilkan akan masuk ke pengolahan awal sedangkan padatan lumpurnya akan dikumpulkan dan disatukan dengan limbah padat B3 lainnya lalu kemudian dikirim ke PPLP untuk dimusnahkan.



Gambar 4.7 Bak Lumpur

Sumber: Dokumentasi penulis

G. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk menyamakan karakteristik air limbah sehingga fluktuasi yang ada menjadi semakin kecil. Fluktuasi ini diusahakan selalu kecil karena akan berpengaruh pada pertumbuhan bakteri.



Gambar 4.8 Bak ekualisasi

Sumber: Dokumentasi penulis

Pada IPAL Rumah Sakit Umum Fatmawati terdapat bak ekualisasi yang terbuat dari material beton bertulang. Bak ekualisasi pada IPAL rumah sakit memiliki *mixer* atau pengaduk tetapi sudah tidak berfungsi karena rusak. Bak ekualisasi ini memiliki pompa *submersible* dengan kekuatan 2 HP untuk mengalirkan air menuju bak aerasi dan mengatur debit dari limbah cair. Bak ekualisasi pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati belum menggunakan *flow meter* untuk mengetahui berapa jumlah debit yang dialirkan melalui pompa *submersible*. Unit ekualisasi ini berdimensi 10.33 m x 5.40 m x 3.75 m dengan kapasitas 209.1 m³.

H. Bak Aerasi

Air dari bak ekualisasi yang telah diaduk dan disamakan karakteristiknya akan dipompa menuju bak aerasi. Unit ini terdiri dari 2 kompartemen yang terbuat dari material beton bertulang dengan dimensi 2,74m x 3,98m x 2,75m untuk masing-masing kompartemen nya dan memiliki kapasitas 60m³. Unit ini juga dilengkapi dengan 1 unit *blower* tipe RSS-50 pada masing-masing kompartemen untuk memenuhi kebutuhan oksigen pada bakteri.



Gambar 4.9 Bak Aerasi

Sumber: Dokumentasi penulis



Gambar 4.10 Blower Bak Aerasi

Sumber: Dokumentasi penulis

Bak aerasi ini adalah sistem aerob dimana didalamnya terdapat elemen tempat bakteri untuk berkembang membentuk film dan melekat serta tumbuh dan berkembang di permukaan bak aerasi. Pada awal bak aerasi ditambahkan bakteri bioenzim sesuai dengan kondisi limbah rumah sakit. Bakteri bioenzim itu diletakkan pada rumpon sebagai wadahnya. Pertumbuhan bakteri akan maksimum apabila pH air limbah 5-9, suhu 8-40c, dengan suhu optimal 30c dan diberi nutrient berupa urea dan tsp apabila diperlukan.

I. Tangki Penampung dan Klorinasi.

Setelah air limbah mengalami pengolahan pada bak aerasi. Air limbah akan masuk ke bak sedimentasi kedua lalu dialirkan menuju tangki klorinasi untuk diberikan penambahan kaporit yang sekaligus menjadi proses koagulasi dari padatan partikel tersuspensi yang terikat dari bak aerasi. Unit ini terbuat dari material beton bertulang dengan dimensi 1m x 2m x 1,5 m dan memiliki kapasitas 3m³. Untuk konsentrasi pada unit ini diatur menggunakan *dosing pump*.



Gambar 4.11 Tangki Penampung dan Klorinasi

Sumber: Dokumentasi penulis

J. Saringan Pasir dan Saringan Karbon (*Sand filter and Carbon Filter*)

Air limbah yang telah mengalami proses klorinasi akan masuk ke unit *sand filter* dan selanjutnya menuju *carbon filter*. Unit *sand filter* dan *carbon filter* ini terbuat dari plat besi dengan dimensi 1m x 1m x 1m dan memiliki kapasitas 1m³. laju ilfiltrasi rata-rata perhari pada unit ini sebesar 350m³.

Unit *sand filter* berguna untuk menyaring partikel-partikel yang tidak dapat terlarut pada air limbah yang berasal dari sisa-sisa kotoran yang dikeluarkan oleh bak sedimentasi dan bak aerasi. Sedangkan *carbon filter* berfungsi menjadi penyaring zat-satorganik yang tertinggal di air limbah mencakup warna, bau dan juga menyerap sisa-sisa chlor bebas.

Sand filter dan *Carbon filter* dipasang secara seri dan untuk itu digunakan pompa sentrifugal yang dioperasikan secara otomatis menggunakan WLC dan dioperasikan pada tekanan normal 2 bar dan tekanan maksimum 4 bar.



Gambar 4.12 *Sand filter* dan *Carbon Filter*

Sumber: Dokumentasi penulis

K. Kolam Stabilisasi

Air limbah hasil filtrasi dari unit *Sand Filter* dan *Carbon Filter* akan masuk ke kolam stabilisasi. Kolam ini merupakan kolam biasa dengan kapasitas 3m³. Pada kolam ini digunakan ikan mas sebagai indikator air limbah hasil pengolahan. Selain ke kolam ikan, air hasil pengolahan ini digunakan untuk menyiram tanaman dan membersihkan area di sekitar IPAL rumah sakit. Sisa dari air limbah hasil olahan ini akan dialirkan ke sungai Grogol dengan kualitas yang telah aman untuk badan air.



Gambar 4.13 Kolam Stabilisasi Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Sumber: Dokumentasi penulis

4.3. Analisa input IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

4.3.1 Analisa Kapasitas IPAL dan Timbulan Limbah Cair Berdasarkan Data Sekunder

Pada dasarnya, ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui debit air limbah yang masuk ke dalam unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pertama, dengan metode pengukuran secara manual. Cara melaksanakan metode ini yaitu dengan menggunakan alat pengukur waktu (*stopwatch*) dan ember atau wadah yang diketahui volumenya. Akan tetapi, Kondisi eksisting yang terdapat pada unit Instalasi Pengolahan Air Limbah yang ada di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati tidak memungkinkan untuk dapat dilakukan penghitungan debit air limbah secara manual. Hal ini diakibatkan karena konstruksi bangunan *inlet* IPAL yang ada di rumah sakit berada di bawah tanah.

Karena tidak memungkinkannya dilakukan pengukuran secara manual, kemudian penghitungan debit air limbah yang masuk ke unit IPAL berdasarkan oleh data sekunder yang diperoleh dari pihak Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati. Berdasarkan data sekunder yang ada dari pihak Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, diketahui bahwa debit limbah cair yang masuk ke unit IPAL rumah sakit sebesar $450 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau sama dengan $18.75 \text{ m}^3/\text{jam}$.

4.3.2. Analisa Kapasitas IPAL dan Timbulan Limbah Cair Berdasarkan Konsumsi Air Bersih.

Selain berdasarkan data sekunder yang sudah didapat dari Rumah Sakit Umum Pusat fatmawati. Debit limbah cair yang masuk kedalam unit IPAL dapat ditentukan berdasarkan jumlah tempat tidur dan Presentase Tingkat Hunian (BOR). Metode ini adalah metode yang paling lazim digunakan untuk menghitung debit aliran limbah cair pada rumah sakit. Berdasarkan data yang didapat dari pihak rumah sakit, diketahui bahwa presentase tingkat hunian rumah sakit adalah 79,55% persen dan jumlah tempat tidur sebanyak 846 bed. Maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

Asumsi kebutuhan air bersih tiap bed = 500 liter/bed/hari (berdasarkan keputusan menteri kesehatan nomor : 1204/MENKES/SK/2004).

$$\begin{aligned}\text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 846 \text{ bed} \times 79.55\% \\ &= 336496.5 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned}&= 336496.5 \text{ L/hari} \times 80\% \\ &= 269197.2 \text{ L/hari} \\ &= 11.22 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan maka bisa diketahui jumlah debit air limbah yang berasal dari kegiatan diluar tempat tidur.

$$\begin{aligned}&= 450 \text{ m}^3/\text{hari} - 269 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 181 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan debit air limbah dengan konsumsi air bersih menggunakan jumlah tempat tidur dan BOR, terlihat bahwa debit air limbah lebih kecil bila dibandingkan dengan data sekunder yang didapat dari pihak Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati. Hal ini dapat terjadi karena pada saat perhitungan debit timbulan limbah cair menggunakan jumlah tempat tidur dan BOR ini, penggunaan air bersih yang digunakan oleh pasien rawat jalan dan karyawan tidak diperhitungkan, sehingga debit yang didapat kecil. Maka untuk perhitungan selanjutnya, debit limbah cair yang akan digunakan adalah debit maksimum berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari pihak rumah sakit. Karena angka 18,75 m³/jam cukup aman untuk mewakili angka debit berdasarkan perhitungan jumlah tempat tidur dan BOR

Berdasarkan data debit air limbah yang diperoleh dari pihak Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, diketahui bahwa air limbah yang akan masuk ke unit IPAL adalah 18.75 m³/jam. Angka ini masih lebih rendah jika dibandingkan dengan kapasitas maksimum debit air limbah yang dapat ditampung oleh unit IPAL, yaitu 510 m³/hari atau setara dengan 21.25 m³/jam. Maka Q desain (21.25 m³/jam) > Q lapangan (18.75 m³/jam). Dengan demikian, bisa disimpulkan bahwa kapasitas IPAL yang ada masih mencukupi untuk mengolah timbulan limbah cair yang dihasilkan.

4.3.3 Analisa Karakteristik Input IPAL

Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya, bahwa limbah cair yang masuk ke unit IPAL merupakan limbah cair yang berasal dari seluruh kegiatan yang ada di rumah sakit. Termasuk rembesan dari tangki septik. Keberadaan tangki septik pada dasarnya merupakan

treatment awal bagi air limbah, sehingga pada beberapa parameter, terjadi penurunan kadar pencemar seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Berikut ini adalah hasil pemeriksaan di laboratorium terkait dengan karakteristik kimiawi limbah cair yang masuk ke dalam unit IPAL.

Tabel 4.1. Karakteristik Limbah Cair Pada *Inlet* IPAL

Parameter	Kandungan
pH	7.1
TSS	163 mg/L
BOD	105 mg/L
COD	320 mg/L
Minyak dan Lemak	23 mg/L
MBAS	1.2 mg/L
Ammonia	25 mg/L
Total coliform	920000

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium

Berdasarkan tabel tersebut, bisa dilihat bahwa karakteristik air limbah pada *inlet* IPAL rumah sakit berada pada rentang sedang. Nilai pH 7.1 menunjukkan bahwa suasana air limbah berada pada kondisi netral dan ini akan mendukung untuk pengolahan selanjutnya. Kondisi terlalu basa atau terlalu asam dapat mengganggu kinerja proses di IPAL, yaitu untuk keberlangsungan proses yang dibantu oleh mikroorganisme.

Untuk nilai COD, bisa dilihat bahwa nilai yang ditunjukkan dari analisis laboratorium ini cukup tinggi untuk standar limbah cair rumah sakit. Untuk nilai karakteristik minyak dan lemak terlihat cukup tinggi. Hal itu dikarenakan limbah cair dari kantin, dapur dan gizi yang biasanya mengandung minyak dan lemak dalam kadar tinggi ikut diolah di unit IPAL. Tidak terlalu tingginya nilai BOD dan TSS kemungkinan besar karena adanya reduksi nilai kedua parameter tersebut akibat keberadaan tangki septik.

Untuk kadar MBAS, nilainya berada pada kadar rendah. Karena adanya bak penangkap busa pada limbah cair yang ditimbulkan dari kegiatan laundry sebelum masuk ke unit IPAL. Untuk nilai total coliform bisa dilihat bahwa angka 920000 berada pada kadar yang sangat tinggi. Hal itu dapat terjadi karena semua limbah cair dari kegiatan di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati diolah oleh unit IPAL.

4.4. Analisa Proses IPAL

Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati. Proses pengolahan pada limbah cair dari unit gizi, laboratorium dan kantin diawali dengan bak

penangkap lemak sebelum dimasukkan kedalam *sump pit* lalu dialirkan ke bak flotasi, sementara untuk unit laundry diawali dengan bap penangkap busa untuk menyaring busa hasil kegiatan pada unit laundry sebelum dialirkan menuju *sump pit*. Setelah semua limbah cair berada di *sump pit*, limbah cair akan dialirkan menuju bak flotasi dimana terjadi pemisahan materi padatan tersuspensi yang ada pada limbah cair. Setelah itu limbah cair akan dialirkan ke bak sedimentasi. Dari Bak sedimentasi, limbah cair akan dialirkan ke unit ekualisasi lalu dipompa menuju pengolahan utama yaitu unit aerasi. Setelah di treatment pada unit ini, air limbah akan masuk ke unit disinfeksi, lalu unit filtrasi dan masuk kedalam kolam stabilisasi sebelum terakhir di buang ke badan air, dalam hal ini Sungai Grogol. Pada saat penelitian ini dilaksanakan, mixer pada unit ekualisasi sedang rusak tetapi masih berfungsi dengan baik, selain itu seluruh unit lain pada IPAL dalam keadaan berfungsi dengan baik.

4.4.1 Bak Flotasi

Bak flotasi ini merupakan unit pengolahan pertama pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati yang dilalui oleh limbah cair setelah ditampung di bak pengumpul (*sump pit*). Pada bak flotasi ini terjadi proses pemisahan materi padatan tersuspensi dan minyak lemak yang ada pada limbah cair menggunakan saringan dari pvc berdiameter 5cm.

Berikut ini adalah tabel hasil analisis karakteristik air limbah yang masuk kedalam bak flotasi:

Tabel 4.2. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Flotasi

Unit	TSS	BOD	COD	Minyak dan lemak
<i>Inlet</i> Flotasi	163	105	320	23
<i>Outlet</i> Flotasi	104	50	156	18

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada bak flotasi ini terjadi penurunan kadar pencemar TSS, minyak lemak, COD dan BOD dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\%BOD\ Removal = \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} \times 100\%$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{TSS_{in} - TSS_{out}}{TSS_{in}} \times 100\%$$

$$\%COD\ Removal = \frac{COD_{in} - COD_{out}}{COD_{in}} \times 100\%$$

$$\%O\&G\ Removal = \frac{O\&G_{in} - O\&G_{out}}{O\&G_{in}} \times 100\%$$

Sehingga didapat:

$$\%BOD\ Removal = \frac{105 - 50}{105} \times 100\% = 52.38\%$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{163 - 104}{163} \times 100\% = 36.20\%$$

$$\%COD\ Removal = \frac{320 - 156}{320} \times 100\% = 51.25\%$$

$$\%O\&G\ Removal = \frac{23 - 18}{23} \times 100\% = 21.74\%$$

Berdasarkan perhitungan efisiensi bak flotasi ini, diketahui bahwa unit flotasi ini berhasil mengurangi kandungan BOD sebesar 52.38% , TSS sebesar 36.20%, COD sebesar 51.25% dan minyak dan lemak 21.74%. Meskipun untuk presentase penurunan kadar BOD dan COD cukup baik tapi dilihat dari rendahnya presentase penurunan kandungan TSS dan minyak lemak maka dapat dikatakan proses yang terjadi pada bak flotasi ini masih kurang optimal mengingat fungsi utama bak flotasi ini untuk memisahkan padatan tersuspensi pada air limbah.

Hal ini dapat terjadi karena bak flotasi pada unit Instalasi Pengolahan Air Limbah ini masih menggunakan desain lama dimana hanya mengandalkan saringan pvc sebagai pemisah padatan tersuspensi. Untuk membuat proses yang terjadi pada unit flotasi ini lebih optimal diperlukan adanya penerapan DAS atau *Dissolved Air Flotation* yaitu melarutkan udara dengan pemberian tekanan hingga mencapai konsentrasi jenuh gas di dalam air sehingga ketika air dialirkan ke bak yang bertekanan atmosfer, akan terbentuk gelembung-gelembung udara berukuran mikroskopik. DAF akan mengapungkan partikel – partikel dengan berat jenis yang kecil. Efisiensi penyisihan TSS dan COD oleh DAF sebesar 90%, dan penyisihan minyak dan lemak sebesar 94% (www.etsenvironmental.com).



Gambar 4.14 Contoh Model Dissolved Air Flotation

Sumber: kemcosystems.com

4.4.2 Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi ini adalah proses pengolahan kedua yang ada pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati setelah melalui proses pemisahan materi padatan tersuspensi pada bak flotasi. Bagian bawah bak sedimentasi ini berbentuk kerucut yang berfungsi mengumpulkan lumpur yang telah diendapkan pada unit ini. Lumpur tersebut akan dialirkan setiap harinya ke bak lumpur oleh pompa.

Bak sedimentasi pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati menggunakan desain lama dengan pengoperasian manual dan menggunakan tawas yang dimasukkan sebagai saringan untuk lumpur yang masuk ke dalam bak sedimentasi.

Berikut ini adalah tabel hasil analisis karakteristik air limbah yang masuk kedalam bak sedimentasi:

Tabel 4.3. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Sedimentasi

Unit	BOD	COD	TSS
<i>Inlet</i> Sedimentasi	50	156	104
<i>Outlet</i> Sedimentasi	13	58	15

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada bak sedimentasi ini terjadi penurunan kadar pencemar TSS, COD dan BOD dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\%BOD\ Removal = \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} \times 100\%$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{TSS_{in} - TSS_{out}}{TSS_{in}} \times 100\%$$

$$\%COD\ Removal = \frac{COD_{in} - COD_{out}}{COD_{in}} \times 100\%$$

Sehingga, didapat bahwa:

$$\%BOD\ Removal = \frac{50 - 13}{50} \times 100\% = 74\%$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{104 - 15}{104} \times 100\% = 85.58\%$$

$$\%COD\ Removal = \frac{156 - 58}{156} \times 100\% = 62.82\%$$

Berdasarkan perhitungan efisiensi unit sedimentasi ini, diketahui bahwa unit ini berhasil mengurangi kandungan TSS air limbah sebesar 85,58%, BOD sebesar 74% dan COD sebesar 62.82%. Angka ini menunjukkan bahwa pada bak sedimentasi ini, proses yang terjadi cukup optimal karena persentase *removal* TSS pada bak sedimentasi ini sudah memenuhi standar efisiensi yang ditetapkan oleh badan pengkajian dan penerapan teknologi (2000) yaitu 65%. Lumpur yang terbentuk sebagai endapan dari proses yang terjadi pada tangki clarifier ini akan dialirkan setiap hari ke Bak lumpur.

4.4.3 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi adalah proses pengolahan ketiga yang ada pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati setelah melalui Bak sedimentasi. Desain bak Ekualisasi yang digunakan pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta adalah desain lama tanpa jet aerator dan berfungsi untuk menyamakan unsur senyawa dalam kadar pencemar yang ada pada limbah cair. Pada unit ini juga terdapat proses pengaturan kuantitas dari debit limbah yang ada. Kondisi saat ini *mixer* yang terdapat pada unit ekualisasi sudah tidak dapat berfungsi.

Berdasarkan perhitungan efisiensi bak ekualisasi ini, diketahui bahwa unit ini tidak dapat mengurangi kandungan TSS, COD dan BOD pada air limbah, sehingga hasil ini menunjukkan bahwa pada bak ekualisasi ini, proses yang terjadi tidak baik dan memerlukan adanya perbaikan. Hal ini dapat terjadi karena tidak berfungsinya jet aerator pada unit ekualisasi sehingga proses yang terjadi pada bak ekualisasi ini hanyalah pengendapan hasil pengolahan dari bak sedimentasi tanpa adanya treatment sebelum dialirkan menggunakan *submersible pump* bertenaga 2 HP menuju bak aerasi. sesungguhnya bak ekualisasi bukan merupakan suatu proses pengolahan untuk penurunan kadar pencemar tetapi merupakan suatu cara / teknik untuk meningkatkan efektivitas dari proses pengolahan selanjutnya. Pada sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah modern bak ekualisasi biasa berada sebelum

pengolahan seperti bak sedimentasi ataupun bak flotasi mengingat fungsi bak ekualisasi yaitu Mengkontinyukan debit limbah yang akan diolah di IPAL (Membagi dan meratakan volume pasokan (*influent*) untuk masuk pada proses treatment, menstabilkan karakteristik limbah (meratakan variabel) & fluktuasi dari beban organik untuk menghindari shock loading pada sistem pengolahan biologi, meratakan pH untuk meminimalkan kebutuhan kimiawi pada proses netralisasi dan meratakan kandungan padatan (SS, koloidal, dls), untuk meminimalkan kebutuhan kimiawi pada proses koagulasi dan flokulasi (jika diperlukan).akan tetapi karena sistem yang ada pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati adalah merupakan sistem konvensional sehingga bak ekualisasi masih diletakkan sebagai pengolahan ketiga setelah melalui bak flotasi dan bak sedimentasi. Solusi yang dapat diberikan yaitu memindahkan unit ekualisasi menjadi pengolahan pertama sebelum masuk kedalam bak flotasi dan memasang 2 *jet aerator* bertipe *turbo pro jet aerator* pada bak ekualisasi yang berfungsi sebagai *agitator* (pengaduk) karena *Turbo Pro* menimbulkan udara langsung pada kedalaman air dalam bentuk gelombang mikro, dengan minimum 22.500-87.000 liter udara per jam. Tingkat aerasi seperti ini lebih tinggi hingga 7-8 kali dari kincir aerator tradisional. Daya aduk dari *Turbo Pro Jet aerator* membawa udara kedalam air dan tercampur dalam kecepatan tinggi sehingga membuat air penuh dengan oksigen. Selain itu, *Turbo Jet* menghasilkan hingga 21% udara adalah oksigen, proses ini akan membersihkan dan memurnikan bak ekualisasi dalam beberapa minggu. Arus yang ditimbulkan pun sampai kedalaman dan jarak hingga 35 meter, sehingga meratakan dan menyebarkan oksigen ke seluruh bak ekualisasi. Kualitas bahan yang dipakai pun sangat tinggi yang memberikan efek tahan terhadap korosif atau karat dari air asin atau polutan. atau secara sederhana dapat dengan melakukan konstruksi/peletakan dari pipa *inlet* dan *outlet* diatur sedemikian rupa sehingga menimbulkan efek turbulensi *mixing*. Dapat juga dipasangkan alat pH *control* yang berfungsi untuk menstabilkan kondisi pH sesuai dengan kondisi proses berikutnya yang akan dilakukan. dan dapat dipasangkan flow meter untuk mengetahui dengan pasti jumlah debit yang dialirkan lewat *submersible pump*.

4.4.4. Bak Aerasi

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa unit aerasi ini adalah unit pengolahan utama pada Instalasi Pengolahan Air Limbah yang ada pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, karena pada unit ini diberikan suplai oksigen kepada air limbah yang masuk melalui nozzle yang terdapat di permukaan unit ini.

Pada unit aerasi ini, tidak terjadi *return sludge*, karena mikroorganisme yang digunakan untuk pengolahan limbah cair pada unit ini dibiakkan terpisah. Bakteri yang digunakan

adalah bioenzim dimana pembiakkannya dilakukan pada pH 5-9, suhu 8-400C dengan suhu optimum 300C. Sebagai Nutrient dari bakteri ini, pada bagian akhir unit clarifier, sebelum masuk ke unit aerasi ini, ditambahkan Urea dan TSP dengan Kadar tertentu untuk memenuhi kebutuhan nutrisi bakteri. Bakteri yang digunakan diletakkan di rumpon selaku tempat tinggal bagi bakteri

Berikut ini adalah tabel hasil analisis karakteristik air limbah yang masuk kedalam bak sedimentasi:

Tabel 4.4. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Aerasi

Unit	BOD	COD	TSS	Ammonia
<i>Inlet Aerasi</i>	43	149	70	39
<i>Outlet Aerasi</i>	8	36	4	14

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada bak flotasi ini terjadi penurunan kadar pencemar TSS, COD, Ammonia dan BOD dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\%BOD\ Removal = \frac{BOD_{in} - BOD_{out}}{BOD_{in}} \times 100\%$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{TSS_{in} - TSS_{out}}{TSS_{in}} \times 100\%$$

$$\%COD\ Removal = \frac{COD_{in} - COD_{out}}{COD_{in}} \times 100\%$$

$$\%Ammonia\ Removal = \frac{Ammonia_{in} - Ammonia_{out}}{Ammonia_{in}} \times 100\%$$

Sehingga didapat:

$$\%BOD\ Removal = \frac{43 - 8}{43} \times 100\% = 81.39\%$$

$$\%TSS\ Removal = \frac{70 - 4}{70} \times 100\% = 94.28\%$$

$$\%COD\ Removal = \frac{149 - 36}{149} \times 100\% = 75.84\%$$

$$\%Ammonia\ Removal = \frac{39 - 14}{39} \times 100\% = 64.10\%$$

Berdasarkan perhitungan efisiensi unit aerasi ini, diketahui bahwa unit ini berhasil mengurangi kandungan TSS air limbah sebesar 94,28%, BOD sebesar 81.39%, Ammonia sebesar 64.10% dan COD sebesar 75.84%. Angka ini menunjukkan bahwa pada bak aerasi ini, proses yang terjadi belum terlalu optimal. Karena presentase penurunan kadar dari ammonia masih berada dibawah standar efisiensi yang ditetapkan oleh badan pengkajian dan

penerapan teknologi (2002) yaitu 80% - 90% sedangkan untuk persentase *removal* TSS, COD dan BOD dan sudah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu 80% dan pengendapan material organik sebesar 20%.

4.4.5. Klorinasi dan Unit Filtrasi

Setelah air limbah diolah secara biologis di unit bak aerasi, air limbah akan dialirkan ke unit klorinasi. Pada unit ini, terjadi penambahan kaporit sebagai disinfektan air limbah. Seperti yang telah dijelaskan pada gambaran umum unit pengolahan pada IPAL ini, bahwa pada unit klorinasi ini terdapat 1 unit dosing pump yang berfungsi mengatur kadar kaporit yang akan digunakan.

Pada unit klorinasi ini, disinfektan berupa chlorine diinjeksikan secara otomatis menggunakan dosing pump sebanyak 2 L/hari dicampur dengan air 1000 liter. Saat penelitian ini dilaksanakan, unit disinfeksi ini berjalan dengan baik. Hal ini ditandai dengan kualitas *Effluent* air limbah pada *outlet* IPAL yang sudah sesuai dengan baku mutu, walaupun pada *outlet* tidak pernah dilakukan pengukuran kadar klor (Cl_2) yang terdapat pada *outlet* IPAL. Pengukuran kadar klor pada *outlet* ini tidak pernah dilakukan karena indikator Klor bukanlah merupakan salah satu parameter yang harus diukur mengingat air hasil olahan ini tidak akan digunakan sebagai sumber air baku.

Setelah air limbah diberi treatment di unit disinfeksi ini, maka air limbah akan masuk ke unit filtrasi. Unit filtrasi ini terdiri dari 2 tangki, yaitu tangki saringan pasir (*sand filter*) dan tangki saringan karbon (*carbon filter*). Unit *sand filter* berfungsi sebagai penyaring partikel yang tidak terlarut pada air limbah yang bersal dari unit sedimentasi atau pun unit aerasi. Sedangkan unit *carbon filter* berfungsi sebagai penyaring zat organik yang tersisa pada air limbah, seperti bau, warna dan menyerap sisa klor bebas yang masih terkandung pada air limbah.

4.4.6. Rekapitulasi Analisa Proses IPAL

Hasil dari pembahasan analisa proses IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Rekapitulasi Analisa Proses IPAL

Unit	%removal TSS	%removal BOD	%removal COD	%removal Ammonia	%removal Minyak lemak	Keterangan
Bak Flotasi	36.20%	52.38%	51.25%	-	21.74%	Belum optimal
Bak Sedimentasi	85.58%	74%	62.82%	-	-	sesuai dengan standar efisiensi yang ada
Bak ekualisasi	0%	0%	0%	-	-	Belum optimal
Bak Aerasi	94.28%	81.39%	75.84%	64.10%		sesuai dengan standar efisiensi yang ada

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa bak sedimentasi dan bak aerasi sudah sesuai dengan standar yang ada, sementara untuk bak flotasi dan bak ekualisasi diperlukan adanya perbaikan untuk mencapai performa optimal dari unit tersebut. Untuk membuat proses yang terjadi pada unit flotasi ini lebih optimal diperlukan adanya penerapan DAS atau *Dissolved Air Flotation* yaitu melarutkan udara dengan pemberian tekanan hingga mencapai konsentrasi jenuh gas di dalam air sehingga ketika air dialirkan ke bak yang bertekanan atmosfer, akan terbentuk gelembung-gelembung udara berukuran mikroskopik. DAF akan mengapungkan partikel – partikel dengan berat jenis yang kecil. Efisiensi penyisihan TSS dan COD oleh DAF sebesar 90%, dan penyisihan minyak dan lemak sebesar 94% (www.etsenvironmental.com). Sementara Solusi yang dapat diberikan untuk bak ekualisasi yaitu memindahkan unit ekualisasi menjadi pengolahan pertama sebelum masuk kedalam bak flotasi dan memasang 2 jet aerator bertipe *turbo pro jet aerator* pada bak ekualisasi yang berfungsi sebagai *agitator* (pengaduk) karena *Turbo Pro* menimbulkan udara langsung pada kedalaman air dalam bentuk gelombang mikro, dengan minimum 22.500-87.000 liter udara per jam. Tingkat aerasi seperti ini lebih tinggi hingga 7-8 kali dari kincir aerator traditional. Daya aduk dari *Turbo Pro Jet aerator* membawa udara kedalam air dan tercampur dalam kecepatan tinggi sehingga membuat air penuh dengan oksigen. Selain itu, *Turbo Jet* menghasilkan hingga 21% udara adalah oksigen, proses ini akan membersihkan dan memurnikan bak ekualisasi dalam beberapa minggu. Arus yang ditimbulkan pun sampai

kedalaman dan jarak hingga 35 meter, sehingga meratakan dan menyebarkan oksigen ke seluruh bak ekualisasi.

4.5 Analisa *Outlet* IPAL

Limbah cair yang sudah mengalami pengolahan pada unit-unit proses yang terdapat pada IPAL akan dialirkan menuju badan air dalam kasus ini sungai grogol yang merupakan tempat pembuangan dari air hasil pengolahan. Pada *outlet* IPAL terdapat hour meter yang berguna untuk mengatur pembuangan air hasil pengolahan ini. Air hasil pengolahan ini tidak seluruhnya dibuang ke badan air, walaupun persentase terbesar adalah yang dibuang ke badan air atau sungai. Sebagian dari air olahan ini dipergunakan untuk menyiram tanaman dan mengisi kolam air yang dimanfaatkan sebagai indikator biologis hasil pengolahan air limbah.

Dalam sistem pengolahan air limbah, Parameter pada *outlet* merupakan suatu hal yang paling penting untuk dianalisis. Selain karena hal ini adalah salah satu ketentuan pembuangan air limbah hasil olahan, hal ini juga karena kualitas air olahan pada *outlet* akan sangat mempengaruhi kondisi pada badan air penerima.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, Kualitas *Effluent* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati adalah seperti yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Parameter Air Limbah Pada *Outlet* IPAL

Parameter	kandungan	BML (Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013)
pH	7	6-9
TSS	1 mg/L	30 mg/L
BOD	4 mg/L	30 mg/L
COD	17 mg/L	80 mg/L
Minyak dan Lemak	1.7 mg/L	10 mg/L
MBAS	0.009 mg/L	10 mg/L
Ammonia	0.099 mg/L	10 mg/L
Total coliform	1.7	5000

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium

Berdasarkan data hasil analisis laboratorium, dapat dilihat bahwa keseluruhan parameter yang diukur pada *outlet* IPAL berada dibawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur DKI Jakarta No 69 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi kesehatan dan atau usaha. Sedangkan efisiensi instalasi pengolahan limbah cair

Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati dapat dihitung berdasarkan perbandingan kualitas *influent* dan efluen IPAL.

Tabel 4.7 Perbandingan Kualitas *Influent* dan *Effluent* Limbah Cair pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta

Parameter	<i>influent</i>	<i>Effluent</i>	efisiensi
pH	7.1	7	
TSS	163 mg/L	1 mg/L	$= \frac{163 - 1}{163} \times 100\% = 99.39\%$
BOD	105 mg/L	4 mg/L	$= \frac{105 - 4}{105} \times 100\% = 96.19\%$
COD	320 mg/L	17 mg/L	$= \frac{320 - 17}{320} \times 100\% = 94.69\%$
Minyak dan Lemak	23 mg/L	1.7 mg/L	$= \frac{23 - 1.7}{23} \times 100\% = 92.61\%$
MBAS	1.2 mg/L	0.009 mg/L	$= \frac{1.2 - 0.009}{1.2} \times 100\% = 99.25\%$
Ammonia	25 mg/L	0.099 mg/L	$= \frac{25 - 0.099}{25} \times 100\% = 99.60\%$
Total Coliform	920000	1.7	$= \frac{920000 - 1.7}{920000} \times 100\% = 99.99\%$

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Dilihat dari nilai efisiensi pada tabel diatas maka bisa dikatakan proses pengolahan air limbah berjalan dengan sangat baik. Hal ini dapat dilihat karena efisiensi dari seluruh kadar pencemar pada proses pengolahan berada pada angka diatas 90%.

4.6 Analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

4.6.1 Unit Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)

Unit pengolahan pendahuluan ini terdiri dari unit bak penangkap lemak (*grease trap*) dan bak penangkap busa. Unit bak penangkap lemak adalah bangunan bak yang berfungsi untuk memisahkan minyak lemak, air dan endapan lumpur yang berasal dari kegiatan kantin dan gizi rumah sakit. Pemisahan dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan berat jenis lemak-minyak, air dan endapan lumpur melalui pengaturan pipa *outlet* di bak penangkap lemak. Minyak-lemak akan mengapung ke atas, air pada bagian tengah dan lumpur pada bagian bawah bak.

Unit bak penangkap busa adalah bangunan bak yang berfungsi untuk memisahkan sabun, busa, air dan endapan lumpur yang berasal dari kegiatan binatu rumah sakit. Pemisahan dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan berat jenis busa, air dan endapan lumpur melalui pengaturan pipa *outlet* di bak penangkap busa. Sabun-busa akan mengapung ke atas, air pada bagian tengah dan lumpur pada bagian bawah bak.

Pada bagian akhir dari kedua bak ini, terdapat *screen* yang merupakan penyaring sebelum air limbah masuk ke unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta. Screen ini berbentuk seperti tabung (pipa) yang terhubung langsung dengan pipa yang akan

mengalirkan air limbah ke unit IPAL. Dengan demikian, air yang masuk ke unit IPAL sudah tidak mengandung sampah berukuran besar yang akan mengganggu kinerja unit equalisasi dan unit-unit selanjutnya.

Untuk bak unit ini, juga dilakukan pengerukan lumpur secara berkala. Sedangkan untuk pembersihan *screen*, biasanya dilakukan secara manual dengan menggunakan alat seperti jala yang diberi tangkai, atau dengan pencucian berkala. Hal ini penting untuk dilakukan agar unit ini dapat berfungsi sesuai dengan yang seharusnya.

4.6.2. Bak Flotasi

Bak Flotasi adalah pengolahan pertama pada unit IPAL yang ada di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta. Setelah limbah cair dari berbagai kegiatan rumah sakit dikumpulkan di *sump pit*, limbah cair akan masuk ke dalam bak flotasi. Bak flotasi berguna untuk memisahkan padatan tersuspensi pada limbah seperti proses pemisahan lemak dan minyak (*oil and grease removal*), pemisahan padatan pada pengolahan awal dan pengolahan lanjutan, pemindahan floc setelah pengolahan kimia, dan pengentalan lumpur (*sludge thickening*). bak flotasi yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati ini terdiri dari material beton bertulang dan menggunakan saringan PVC dengan diameter 5 cm.

$$\text{Volume Bak Flotasi} = 5.75 \times 1.25 \times 2.25 = 16.17 \text{ m}^3$$

Cek waktu tinggal dalam bak

$$td = V/Q = (16.17 \text{ m}^3 / 450 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 24 \text{ jam/hari} = 0.86 \text{ jam} = 51.60 \text{ menit} > 20 - 30 \text{ menit}$$

(sesuai dengan kriteria desain)

Dari hasil analisa perhitungan diketahui bahwa waktu tinggal bak flotasi sudah sesuai dengan kriteria desain yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa bak flotasi yang ada pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sudah sesuai dengan kriteria desain meskipun hasil dari pengolahan pada bak flotasi ini belum cukup optimal. Sehingga penulis merekomendasikan untuk penggunaan *Dissolved Air Flotation* yaitu melarutkan udara dengan pemberian tekanan hingga mencapai konsentrasi jenuh gas di dalam air sehingga ketika air dialirkan ke bak yang bertekanan atmosfer, akan terbentuk gelembung-gelembung udara berukuran mikroskopik. DAF akan mengapungkan partikel – partikel dengan berat jenis yang kecil.

Perlengkapan pendukung kinerja DAF adalah tangki tekan dan sistem penyisihan scum.

(1) Tangki Tekan

Tangki tekan berfungsi untuk meningkatkan kelarutan gas di dalam air sehingga ketika gas dilepaskan ke tangki DAF yang bertekanan atmosfer, akan terbentuk gelembung-gelembung

berukuran mikroskopis Untuk melarutkan gas hingga kondisi jenuh gas di dalam air, tekanan dinaikkan dan temperatur diturunkan. Tekanan pada tangki berkisar antara 275-350 kPa.

(2) Perlengkapan Penyisihan *Scum/Float*

Padatan yang terapung di permukaan air disebut sebagai *float*. *Float* ini akan disisihkan dari tangki flotasi secara mekanik menggunakan skimmer. Konsentrasi padatan pada float masih berkisar antara 2%-10%, maka sebelum dibuang, lumpur ini dikeringkan terlebih dulu agar volume lumpur yang dibuang lebih sedikit.

Parameter-parameter penting dalam mendesain DAF adalah sebagai berikut:

- *Rasio air-solids (A/S ratio)*

Rasio A/S merupakan parameter kunci keberhasilan proses flotasi dengan DAF. Rasio A/S yang berlebih atau kurang akan mempengaruhi kualitas float yang terbentuk. Harga A/S ini dipengaruhi oleh kelarutan udara, tekanan yang dioperasikan, debit air limbah, dan konsentrasi *suspended solids*. Harga A/S bervariasi antara 0,005-0,06 ml/mg.

- *Hydraulic Loading Rate (HLR)*

HLR merupakan ukuran yang menyatakan perbandingan antara jumlah *influent* yang masuk terhadap luas permukaan efektif per satuan waktu. Besarnya HLR maksimum harus lebih kecil daripada kecepatan naik minimum flok agar flok tidak ada yang terbawa oleh *overflow*. Kriteria desain HLR untuk pengolahan limbah industri berkisar antara 4-8 m/hari.

- *Solids Loading Rate (SLR)*

SLR merupakan ukuran yang menyatakan perbandingan antara konsentrasi *total suspended solids*, minyak, dan lemak yang masuk ke DAF terhadap luas permukaan efektif per satuan waktu. Pada umumnya, menaikkan harga SLR akan menurunkan konsentrasi float.

- Resirkulasi efluen

Efisiensi flotasi dapat ditingkatkan dengan aliran resirkulasi efluen. Efluen dari tangki flotasi dengan persentase tertentu diresirkulasikan ke dalam tangki tekan dan dicampur dengan air limbah (Mans-Lundh, 2002). Debit resirkulasi bergantung pada karakteristik air limbah, konsentrasi *suspended solids* dalam air limbah, dan kualitas efluen yang ingin dicapai. Pada instalasi pengolahan, resirkulasi tidak dibutuhkan karena konsentrasi minyak dan lemak tidak terlalu besar.

4.6.3. Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta merupakan pengolahan kedua setelah limbah cair diolah oleh unit flotasi. Bak sedimentasi ini berbentuk persegi panjang dengan bagian bawah memiliki tempat penampung lumpur.

Volume bak sedimentasi = $9.67 \text{ m} \times 5.25 \text{ m} \times 3.25 \text{ m} = 165 \text{ m}^3$

Cek waktu tinggal dalam bak sedimentasi:

$$t_d = V/Q = (165 \text{ m}^3 / 450 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 24 \text{ m}^3/\text{jam} = 8.8 \text{ jam} > 2-2.5 \text{ jam (sesuai dengan kriteria desain SNI 6774 tahun 2008)}$$

Cek beban permukaan:

$$V_o = Q/\text{Across} = 18.75 \text{ m}^3/\text{jam} / (5.25 \text{ m} \times 9.67 \text{ m}) = 0.37 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{jam} = 8.86 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{jam} < 50 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{jam (ok)}$$

Berdasarkan perhitungan waktu tinggal, diketahui bahwa waktu tinggal dari bak sedimentasi yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati cukup sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan SNI 6774 tahun 2008, karena waktu tinggal pada bak sedimentasi ini adalah 6,96 jam dan nilai itu jauh lebih besar dari kriteria desain yang ada yaitu 2-2.5 jam. Karena waktu tinggal dari bak sedimentasi IPAL rumah sakit saat ini jauh melebihi kriteria desain yang ada maka dapat dikatakan bahwa unit sedimentasi ini memiliki dimensi yang baik dan dapat berjalan optimal. Waktu tinggal optimal dapat diperoleh saat volume Bak sedimentasi ini 37.5 m³. jika dengan kedalaman optimal 2.5 m, maka akan diperoleh dimensi optimal bak sedimentasi dengan satu kompartemen adalah 2.5 m x 5m x 3m. Akan tetapi untuk kondisi saat ini tidak diperlukan adanya perubahan dimensi pada unit sedimentasi yang ada karena sudah sesuai dengan kriteria desain yang ada. Untuk beban permukaan sudah optimal, hal ini dapat dilihat dari nilai beban permukaan yang sesuai dengan kriteria desain.

4.6.4. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta, merupakan proses pengolahan ketiga terhadap limbah cair. Sebelum masuk ke unit aerasi, limbah cair masuk terlebih dahulu dalam bak ekualisasi dan akan dipompakan ke unit berikutnya dengan debit tertentu.

Pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati terdapat bak ekualisasi yang terbuat dari material beton bertulang. Bak ekualisasi pada IPAL rumah sakit memiliki *mixer* atau pengaduk tetapi sudah tidak berfungsi karena rusak. Bak ekualisasi ini memiliki pompa *submersible* dengan kekuatan 2 HP untuk mengalirkan air menuju bak aerasi dan mengatur debit dari limbah cair. Unit ekualisasi ini berdimensi 10.33 m x 5.40 m x 3.75 m dengan kapasitas 209.1 m³.

Cek waktu tinggal dalam bak:

Bak ekualisasi

$$t_d = V/Q = (209.1 / 450 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 24 \text{ m}^3/\text{jam} = 11.152 \text{ jam} > 6 -10 \text{ jam (sesuai kriteria desain (nusa idaman said, 2002))}$$

Cek kedalaman bak:

H bak ekualisasi = 3.75 m > 2 m (sesuai kriteria desain (Metcalf & eddy))

Dari hasil analisa perhitungan dapat diketahui bahwa waktu tinggal pada bak ekualisasi lebih lama dari kriteria desain yang ditetapkan oleh nusa idaman said (2002) sehingga dapat mencapai optimalnya performa yang terjadi pada bak ekualisasi ini. Kedalaman bak ekualisasi saat ini sudah memenuhi kriteria desain kedalaman minimum dari Metcalf & eddy. Waktu tinggal optimal diperoleh saat volume Bak ekualisasi ini 112.5 m³. Maka dengan kedalaman sesuai dengan kriteria desain 2 m, maka akan diperoleh dimensi optimal bak ekualisasi adalah 6.5 m x 8.65 m x 2 m untuk masing-masing dimensi nya. Akan tetapi karena kondisi waktu tinggal masih sesuai dan kedalaman masih sesuai dengan kriteria desain yang ada maka tidak diperlukan adanya perubahan dimensi untuk mengoptimalkan kinerja dari unit ekualisasi pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta.

4.6.5. Bak Aerasi

Setelah limbah cair diolah pada bak sedimentasi, maka selanjutnya akan dialirkan menuju bak aerasi Unit ini terdiri dari 2 kompartemen yang terbuat dari material beton bertulang dengan dimensi 2,74m x 3,98m x 2,75m dan memiliki kapasitas 60m³.berikut ini akan dilakukan cek waktu tinggal yang ada pada unit aerasi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati.

$$td = V/Q = (60 \text{ m}^3 / 450 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 24 \text{ jam} = 3.2 \text{ jam} > 2 - 3 \text{ jam (sesuai kriteria desain (BPPT,(2002:83)))}$$

Hitung BOD Load

$$\text{BOD Load} = 43 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \times 450 \text{ m}^3/\text{hari} = 19.35 \text{ kg/hari}$$

Hitung Ammonia Load

$$\text{Ammonia Load} = 39 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \times 450 \text{ m}^3/\text{hari} = 17.55 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Bed Load Total} = 17.55 \text{ kg/hari} + 19.35 \text{ kg/hari} = 36.9 \text{ kg/hari}$$

Faktor keamanan = 5.2

$$\text{Kebutuhan udara} = 5.2 \times \text{Bed load total}$$

$$= 5.2 \times 36.9 \text{ kg/hari}$$

$$= 191.88 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Berat Udara} = 1.1725 \text{ kg/m}^3 \text{ (pada temperatur } 28^0 \text{ C)}$$

Diasumsikan jumlah oksigen dalam udara 23.2%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara teoritis} &= \frac{191.88}{1.1725 \times 0.232} \\ &= 705.389 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Diasumsikan efisiensi blower adalah 10%

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan udara aktual} &= \frac{705.389}{0.1} \\ &= 7053.89 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 293.91 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 4898.5 \text{ L/menit}\end{aligned}$$

Cek kebutuhan udara

$$\frac{Q_{udara}}{Q_{air}} > 15$$

$$\frac{7053.89}{450} > 15$$

$$= 15.68 > 15 \text{ (ok!)}$$

Berdasarkan perhitungan waktu tinggal, diketahui bahwa waktu tinggal dari bak Aerasi yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati cukup sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan oleh badan pengkajian dan penerapan teknologi (2002:83), karena waktu tinggal pada bak Aerasi ini adalah 3.2 jam dan nilai itu sudah melampaui dari kriteria desain yang ada yaitu 2 - 3 jam. Karena waktu tinggal dari bak Aerasi IPAL rumah sakit saat ini sudah melebihi kriteria desain yang ada maka dapat dikatakan bahwa unit sedimentasi ini memiliki dimensi yang baik dan dapat berjalan optimal. Untuk kebutuhan udara berdasarkan dari perhitungan diatas juga sudah sesuai dengan standar yang ada.

Selanjutnya akan dilakukan evaluasi dimensi bak aerasi berdasarkan kriteria desain yang terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 8 Kriteria Desain Bak Aerasi

Kriteria Desain	Dimensi
Tinggi (kedalaman)	1.8-9.1 m
Lebar tangki	1.5 – 2 kali tinggi tangki
Panjang tangki	5 kali lebar tangki

Sumber : Reynold dan Richard, 1996

Tinggi tangki pada unit aerasi yang terdapat pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati adalah 2,74 m. Nilai ini sudah sesuai dengan rentang nilai yang terdapat dalam kriteria desain. Untuk tinggi unit aerasi 2,74 meter, maka lebar tangki optimal seharusnya 4,11 meter dengan panjang 20.55 meter. Akan tetapi nilai ini terlalu besar, atau dengan kata lain tidak sesuai dengan ketersediaan lahan. Maka lebar minimal tangki ini sesuai dengan kriteria desain adalah 1,5 kali dari kedalaman minimal yaitu 2,7 m. Jika dilihat dari kondisi eksisting di IPAL rumah sakit ini, maka lebar tangki 2.75 m, nilai ini sudah sesuai dari

kriteria desain. Untuk panjang unit aerasi, berdasarkan kriteria desain, nilai minimalnya adalah 13,5 m. Untuk kondisi eksisting pada IPAL rumah sakit, panjang unitnya adalah 3,98 m. Nilai ini masih jauh lebih kecil dari kriteria desain yang ada. Atau secara lebih sederhana seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.9 Perbandingan Kriteria Desain dengan Kondisi Eksisting di Lapangan

Unit	Kriteria Desain (m)	Kondisi Lapangan (m)	Keterangan
Tinggi	1.8 – 9.1	2.74	Ok
Lebar	2.7 – 16.38	2.75	Ok
Panjang	13.5 – 81.9	3.98	<< Kriteria Desain

Ketepatan dimensi unit ini menjadi hal yang penting karena akan berpengaruh pada efektivitas penurunan kadar pencemar. Jika nilai maksimal panjang bak yang dapat dibangun sesuai dengan ketersediaan lahan adalah 3,98 m, maka lebarnya adalah 0,796 m dan tinggi bak 0.53 meter. Akan tetapi dilihat dari waktu tinggal yang masih sesuai dengan kriteria desain maka untuk saat ini belum diperlukan adanya perubahan dimensi dari unit aerasi.

4.6.6 Tangki penampung dan disinfeksi

Tangki penampung berfungsi sebagai penampung dari limbah cair yang telah diolah dari unit pengolahan biologis sebelumnya.

Volume tangki penampung = $1\text{ m} \times 2\text{ m} \times 1,5\text{ m} = 3\text{ m}^3$

Cek waktu kontak

$$= \frac{\text{Volumetangki}}{Q} = \frac{3\text{ m}^3}{18.75\text{ m}^3/\text{jam}} = 0.16\text{ jam} = 9.6\text{ menit}$$

Nilai waktu kontak ini jauh lebih kecil dari kriteria desain yang dianjurkan yaitu dalam rentang waktu 20-30 menit (Syed R. Qasim). Untuk itu, perlu penambahan waktu tinggal, bisa dilakukan dengan memperkecil debit yang masuk atau menambah volume tangki. Untuk volume tangki 3 m³, maka debit maksimum agar waktu tinggal sesuai kriteria desain adalah 10 m³/jam. Atau jika tidak dapat dilakukan penurunan debit, maka untuk debit 18.75 m³/jam, volume tangki seharusnya adalah 9,375 m³.

Di samping tangki penampung, juga terdapat pompa dosing untuk pemberian desinfektan sebagai proses disinfeksi. Proses disinfeksi dilakukan dengan menginjeksikan klorin dengan konsentrasi 80%.

4.6.7. Rekapitulasi Analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Hasil dari pembahasan analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Unit	Waktu Tinggal	Kriteria desain	Keterangan
Bak Flotasi	51.60 menit	20-30 menit	Sesuai
Bak Sedimentasi	8.8 jam	2-2.5 jam	Sesuai
Bak Ekualisasi	11.152 jam	6-10 jam	Sesuai
Bak Aerasi	3.2 jam	2-3 jam	Sesuai

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa semua unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati memiliki waktu tinggal yang sesuai dengan kriteria desain yang ada.

4.7 Analisis Data *Inlet* dan *Outlet* Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Berdasarkan data sekunder yang didapat dari pihak pengelola Instalasi pengolahan air Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta, pemeriksaan kualitas air limbah dilakukan setiap bulan oleh pihak dinas lingkungan hidup pemerintah provinsi daerah khusus ibukota Jakarta yang hasil pemeriksaan tersebut dilaporkan kembali kepada pihak pengelola Instalasi pengolahan air Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta dalam hal ini pengelola bidang amdal dan kesehatan lingkungan rumah sakit.

Dalam pelaksanaannya, pemeriksaan yang dilakukan setiap bulan ini lebih ditujukan pada pemeriksaan kualitas *Effluent* dari IPAL Rumah sakit. Sedangkan pengecekan *influent* hanya dilakukan pada bulan-bulan tertentu. Dibawah ini merupakan tabel data *inlet* dan *outlet* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati yang merupakan laporan pemeriksaan dari Dinas lingkungan hidup pemprov DKI Jakarta dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor : 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik.

Berikut ini akan dianalisis efisiensi atau persentase penurunan nilai setiap parameter pencemar yang terkandung pada air limbah hasil olahan IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta . Karena data sekunder yang didapat dari pihak rumah sakit lebih dari satu data untuk setiap parameter, maka untuk menghitung persentase penurunan kadarnya adalah dengan mencari nilai rata-rata dari data yang ada. Untuk pemeriksaan parameter pencemar pada *inlet* IPAL, tersedia empat data yaitu data hasil pemeriksaan pada tanggal 27 februari 2017, 7 maret 2017, 12 juni 2017 dan tanggal 7 november 2017. Maka nilai untuk parameter yang terdapat pada keempat data tersebutlah yang akan dirata-ratakan. Demikian pula halnya untuk data pada *outlet* IPAL. Berdasarkan data sekunder yang ada, terdapat sebelas jenis

data untuk masing-masing parameter, maka untuk menghitung persentase penurunan kadar pencemar, angka yang akan digunakan adalah nilai rata-rata dari ke-sebelas data tersebut.

Besarnya persentase penurunan kadar pencemar (%*removal*), akan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\%Removal = \frac{\text{nilai parameter di inlet} - \text{nilai parameter di outlet}}{\text{nilai parameter di inlet}} \times 100\% \dots \dots \dots (4-1)$$



Tabel 4.11 Data *Inlet* dan *Outlet* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Berdasarkan Pemeriksaan Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta

Parameter Uji	BML	Influent (Data inlet)				Effluent (Data Outlet)											% removal
		27 feb 2017	7 mar 2017	12 juni 2017	7 nov 2017	10 jan 2017	27 feb 2017	7 mar 2017	4 april 2017	2 mei 2017	12 juni 2017	17 juli 2017	1 agt 2017	12 sep 2017	10 okt 2017	7 nov 2017	
pH	6-9	7.1	7.9	7.3	6.9	6.7	7.1	7.2	6.8	6.8	7.2	7.3	7.1	7.1	7.2	6.9	
TSS	30	171	19	114	86	4	1	10	26	1	23	22	1	1	3	8	$\frac{97.5-9.09}{97.5} \times 100 = 90.68$
BOD	30	47.48	7.05	42.11	40.99	2.16	2.68	4.09	5.3	2.69	4.36	2.89	2.55	2.68	1.74	2.25	$\frac{34.41-3.03}{34.41} \times 100 = 91.18$
COD	100	204.62	39.9	372.94	314.16	3.99	39.9	39.9	39.9	3.99	39.9	39.9	39.9	39.9	3.99	39.9	$\frac{232.9-30.11}{232.9} \times 100 = 87.07$
Ammonia	10	9.40	16.54	19.3	19.13	0.27	0.89	3.09	2.86	0.50	0.14	0.49	0.14	0.55	0.83	1.11	$\frac{16.09-0.99}{16.09} \times 100 = 93.86$
Minyak dan lemak	5	1.12	1.12	1.12	0	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.56	0	0	
Total coliform	3000	5x10 ⁷	5x10 ⁵	1.6 x 10 ⁸	5x10 ⁴	1.99	1	9x10 ⁴	1.99	0	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	$\frac{52637500 - 8183.356}{52637500} \times 100 = 99.98$

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa seluruh parameter yang diuji terutama pada bagian *outlet* IPAL berada di bawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 68 tahun 2016 Tentang Limbah Cair Domestik kecuali untuk kandungan total coliform pada pemeriksaan 7 maret 2017 yang masih memiliki angka diatas baku mutu limbah yang ditetapkan.

4.7.1 Analisis Data *Inlet* Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Berikut ini akan dilakukan analisis *inlet* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati berdasarkan dari data hasil pemeriksaan kualitas *inlet* air limbah yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Lingkungan Pemprov DKI Jakarta. Untuk data pengukuran pada *inlet* ini, hanya tersedia empat data hasil pengukuran, karena dalam 1 tahun terakhir, hanya dilakukan empat kali pengukuran kualitas limbah cair pada *inlet* IPAL rumah sakit, yaitu pada tanggal 27 februari 2017, 7 maret 2017, 12 juni 2017 dan tanggal 7 november 2017. Dalam pelaksanaannya di lapangan, pengukuran kualitas *inlet* IPAL hanya dilakukan pada bulan – bulan tertentu, berbeda dengan pengukuran kualitas *Effluent* air limbah yang secara rutin dilakukan pemeriksaan pada setiap bulan sekali.

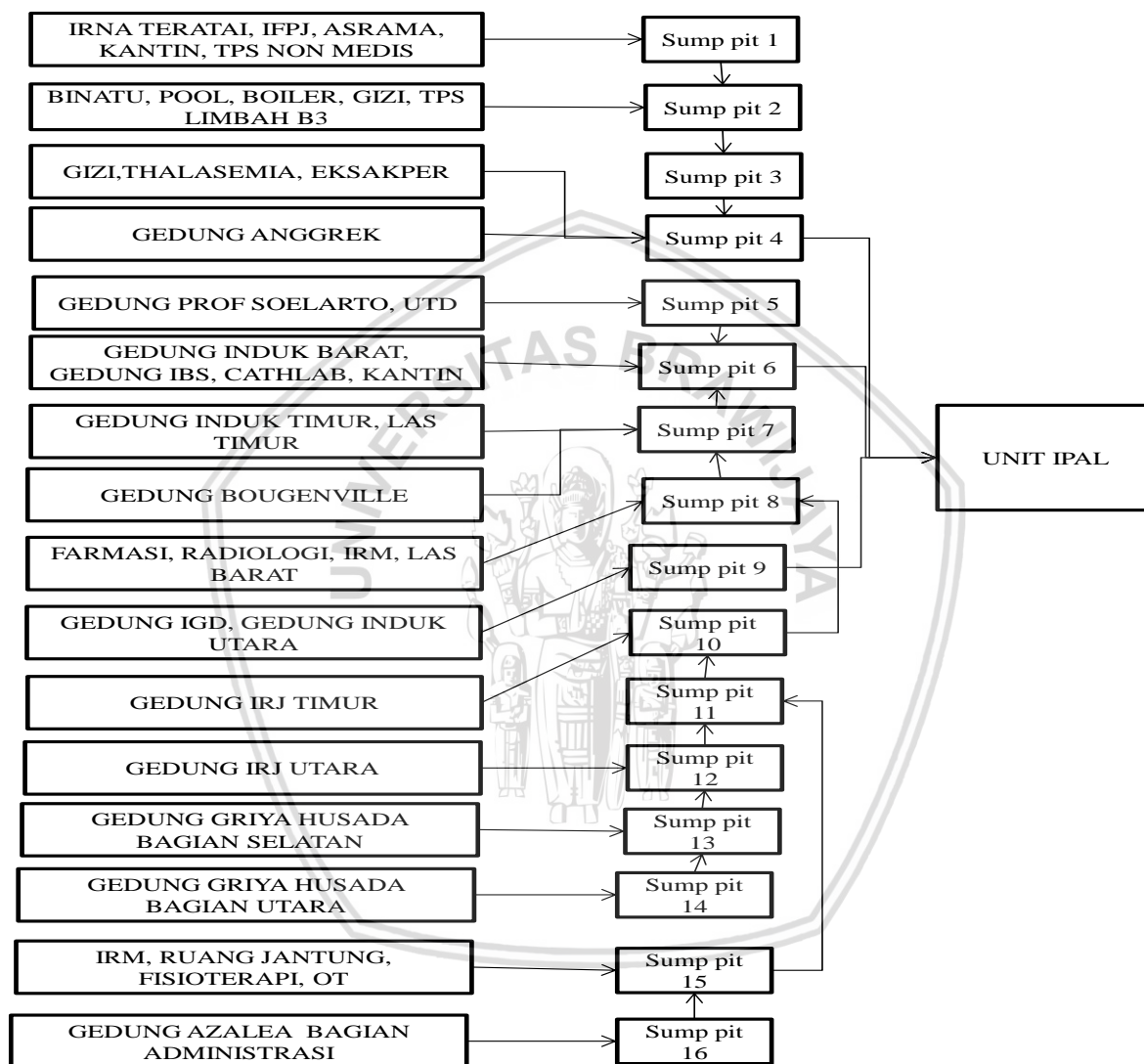
Tidak terlalu diperhatikannya kualitas *influent* yang masuk ke dalam unit IPAL rumah sakit ini diperkirakan karena berdasarkan peraturan yang telah ditetapkan oleh pemerintah, baik itu lewat peraturan gubernur DKI Jakarta no 69 maupun Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 68 tahun 2016 hanya diatur tentang kualitas *Effluent* yang harus berada di bawah baku mutu yang diperbolehkan.

Berdasarkan tabel yang sudah dipaparkan diatas, dapat diketahui bahwa kualitas limbah cair yang masuk kedalam unit IPAL untuk setiap parameternya berada pada nilai yang tidak terlalu tinggi. Hal ini diperkirakan karena adanya penggunaan tangki septik sebagai treatment awal untuk limbah cair yang mampu menurunkan kadar kandungan pencemar pada beberapa parameter dengan nilai penurunan yang relatif signifikan.

Berdasarkan sumbernya, pada dasarnya air limbah yang masuk ke unit IPAL berasal dari 16 bak pengumpul (*sump pit*) yang menampung limbah cair dari berbagai aktivitas yang ada di rumah sakit. Limbah cair yang ditampung oleh bak pengumpul ini adalah rembesan dari tangki septik, karena hampir seluruh limbah cair yang ditimbulkan dari kegiatan rumah sakit ditampung di tangki septik. Kecuali untuk limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan kantin, gizi dan laundry. Untuk limbah cair yang ditimbulkan dari kegiatan kantin dan gizi, akan ditampung pada unit penangkap lemak, sementara untuk limbah cair yang ditimbulkan

dari kegiatan kantin akan ditampung oleh unit penangkap busa. Sebelum dialirkan menuju bak pengumpul.

Dengan demikian, limbah cair yang masuk ke unit IPAL rumah sakit adalah dari hasil dari semua aktivitas rumah sakit. Berikut adalah sumber air limbah yang masuk ke unit IPAL rumah sakit.



Gambar 4.15 Skema sumber air limbah sebelum masuk ke unit IPAL

Berdasarkan skema diatas, dapat diketahui bahwa sebagian besar limbah cair berasal dari aktivitas pada kamar mandi yang terdapat di setiap fasilitas yang tersedia Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati.

Berdasarkan dari data hasil pemeriksaan kualitas *influent* kandungan pencemar yang diuji oleh Dinas lingkungan Hidup Pemprov DKI Jakarta, terlihat bahwa kandungan untuk semua parameter relatif rendah, walaupun pada beberapa parameter seperti TSS dan COD

nilainya masih relatif tinggi. Dalam artian, kualitas *influent* yang masuk ke unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati membutuhkan *removal* yang cukup besar untuk dapat memenuhi baku mutu lingkungan yang ditetapkan pemerintah.

- TSS

TSS adalah zat yang tersuspensi yang biasanya terdiri dari zat organik dan anorganik yang melayang-layang dalam air. Tingginya nilai TSS pada *inlet* IPAL diduga karena tidak adanya proses *removal* TSS pada pengolahan pendahuluan sebelum masuk ke dalam bak pengumpul atau *sump pit*.

- COD

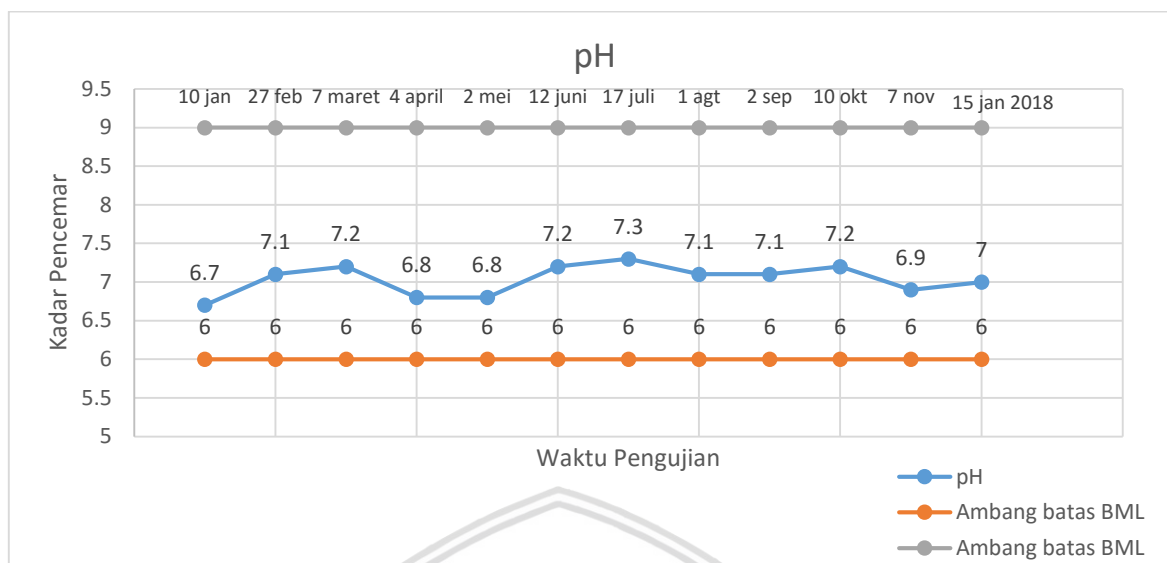
Kandungan COD dalam air limbah berasal dari material organik yang sebagian besar mendominasi timbulan limbah cair untuk berbagai kegiatan rumah sakit. Selain karena komposisi material organik yang relatif besar pada sumber timbulan limbah cair, tingginya kadar COD ini diperkirakan karena tidak terdapatnya penurunan kadar COD (*removal*) saat pengolahan pendahuluan sebelum masuk ke dalam bak pengumpul atau *sump pit*.

Pada dasarnya sebagian besar limbah cair yang masuk ke dalam unit IPAL rumah sakit merupakan limbah non medis, dengan persentase perbandingan antara limbah non medis dan limbah medis adalah 89%:11% (Draft Pedoman Teknis IPAL Dengan Sistem Aerobik Lumpur Aktif pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan, 2008). Tingginya nilai kadar kandungan pencemar pada TSS dan COD di *inlet* IPAL sebenarnya tidak menjadi masalah yang mengganggu proses kinerja IPAL, karena proses pengolahan yang terdapat pada IPAL dapat menurunkan kadar kedua parameter ini sampai berada dibawah angka baku mutu lingkungan yang diizinkan. Hal ini dapat dilihat dari besarnya persentase penurunan kedua parameter tersebut dan angka kedua parameter pencemar tersebut pada *Effluent* yang berada dibawah baku mutu lingkungan yang diperbolehkan.

4.7.2 Analisis Data outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati

Berikutnya, akan dilakukan analisis untuk setiap parameter yang telah ditetapkan oleh Pergub DKI Jakarta No.69 Tahun 2013, yaitu nilai pH, total coliform, Zat Padat Tersuspensi (TSS), Ammonia, Minyak-Lemak, Senyawa aktif Methylen Blue (MBAS), COD dan BOD₅. Keseluruhan data pada grafik ini merupakan data dari hasil pemeriksaan yang didapat dari pihak Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati jakarta, kecuali data pada Tanggal 14 dan 15 januari 2018 yang merupakan hasil analisis laboratorium yang penulis lakukan di laboratorium swasta PT. Unilab Perdana.

- pH (Derajat Keasaman)

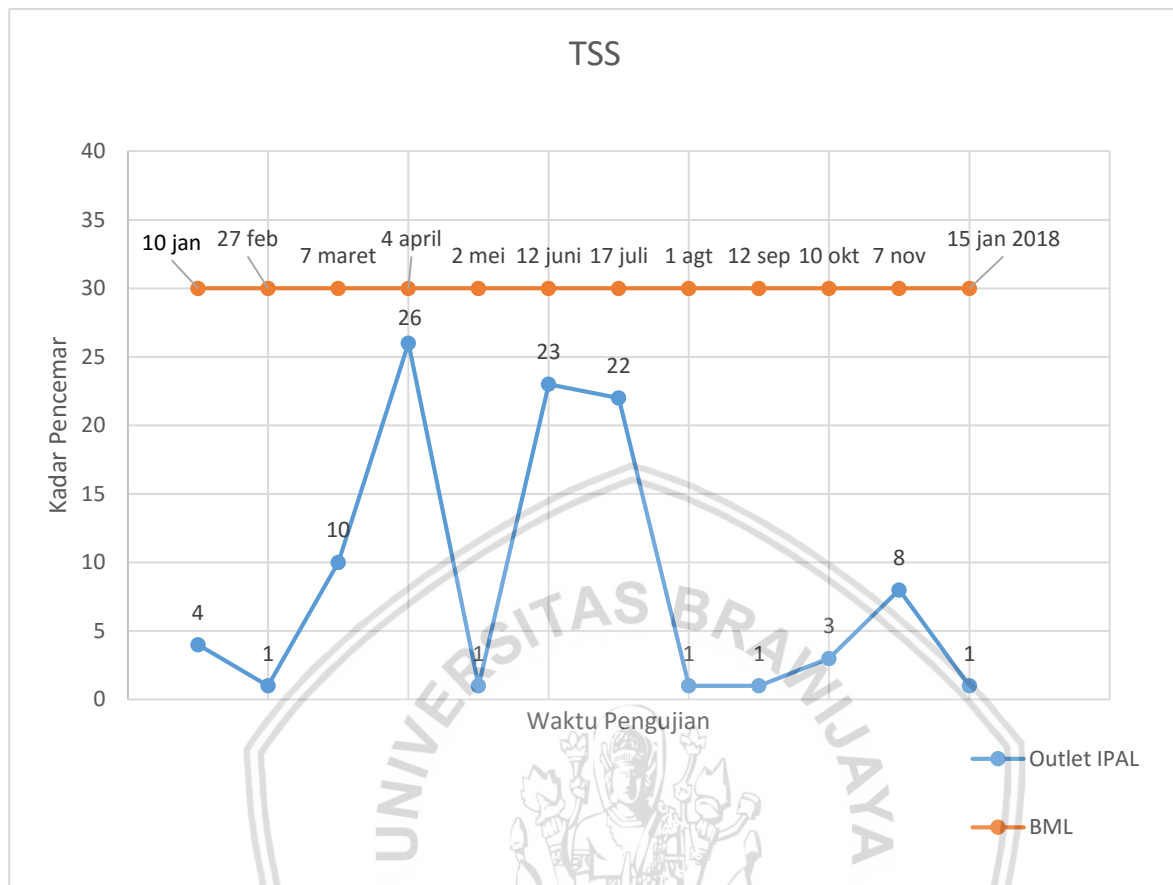


Gambar 4.16 Grafik Kandungan pH pada *Effluent* IPAL

Dari grafik berikut, dapat diketahui bahwa nilai pH pada *outlet* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati berada pada jumlah yang aman untuk dibuang ke badan air. Berdasarkan baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan oleh Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013 Tentang Baku mutu air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha, menyatakan bahwa derajat keasaman air limbah yang aman untuk dibuang ke badan air adalah yang berada dalam rentang pH 6-9.

Berdasarkan data hasil pemeriksaan kualitas air limbah pada *outlet* IPAL Rumah Sakit yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Pemprov DKI Jakarta, diketahui bahwa derajat keasaman air limbah berada pada kondisi normal, yaitu dari rentang nilai 6.7-7.3. Adanya angka baku mutu 6-9 untuk derajat keasaman ini adalah karena pada rentang angka tersebut, air berada pada kondisi netral, tidak terlalu basa dan tidak terlalu asam. Kondisi terlalu basa atau terlalu asam pada air hasil olahan IPAL, dapat merusak ekosistem badan air penerima. Bila kondisi air olahan yang dibuang ke badan air terlalu asam, maka dapat mengganggu stabilitas ekosistem di badan air tersebut. Sedangkan bila air olahan yang masuk ke badan air penerima terlalu basa, maka badan air tersebut akan mengandung kesadahan yang tinggi, dan hal ini juga dapat mengganggu stabilitas dari badan air penerima.

- TSS

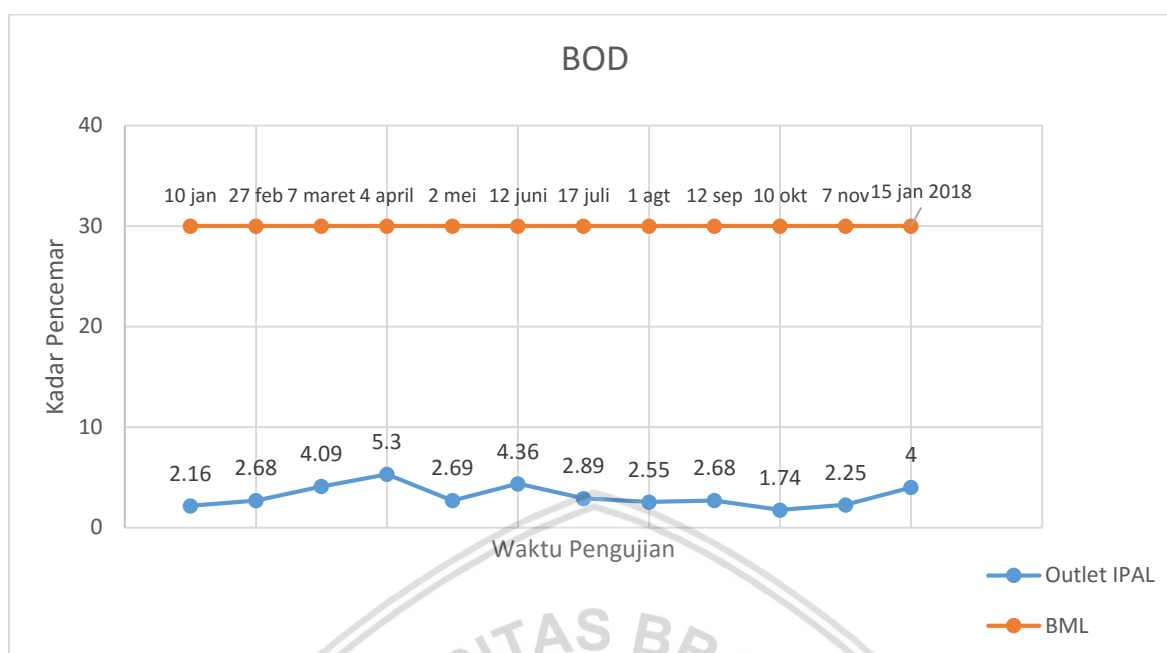


Gambar 4.17 Grafik Kandungan TSS pada *Effluent* IPAL

Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa nilai kandungan zat padatan tersuspensi atau TSS pada air olahan dari IPAL rumah sakit berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013 Tentang Baku mutu air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha. Pada *outlet* IPAL, *Effluent* yang dihasilkan dari pengolahan mengandung TSS yang relatif rendah. Nilai TSS yang terkandung pada *Effluent* berada pada rentang 1- 26 mg/l dengan baku mutu 30 mg/l.

Angka ini menunjukkan bahwa pengolahan yang diberikan kepada air limbah yang masuk kedalam unit IPAL telah berjalan efektif untuk menurunkan angka dari kandungan TSS air limbah sehingga aman untuk dibuang ke badan air, dapat dilihat dari persentase *removal* TSS sebesar 90.68 %. Selain itu, rendahnya kadar TSS yang masuk ke unit IPAL turut berkontribusi menjadikan kandungan TSS di *Effluent* relatif rendah. Keberadaan tangki septik sebagai *treatment* awal terhadap air limbah menjadikan kadar TSS yang harus diolah di unit IPAL menjadi relatif kecil. Hal ini disebabkan oleh kemampuan tangki septik dalam *removal* TSS yang mencapai angka 81,64% (Mara dan Silva, 1986)

• BOD

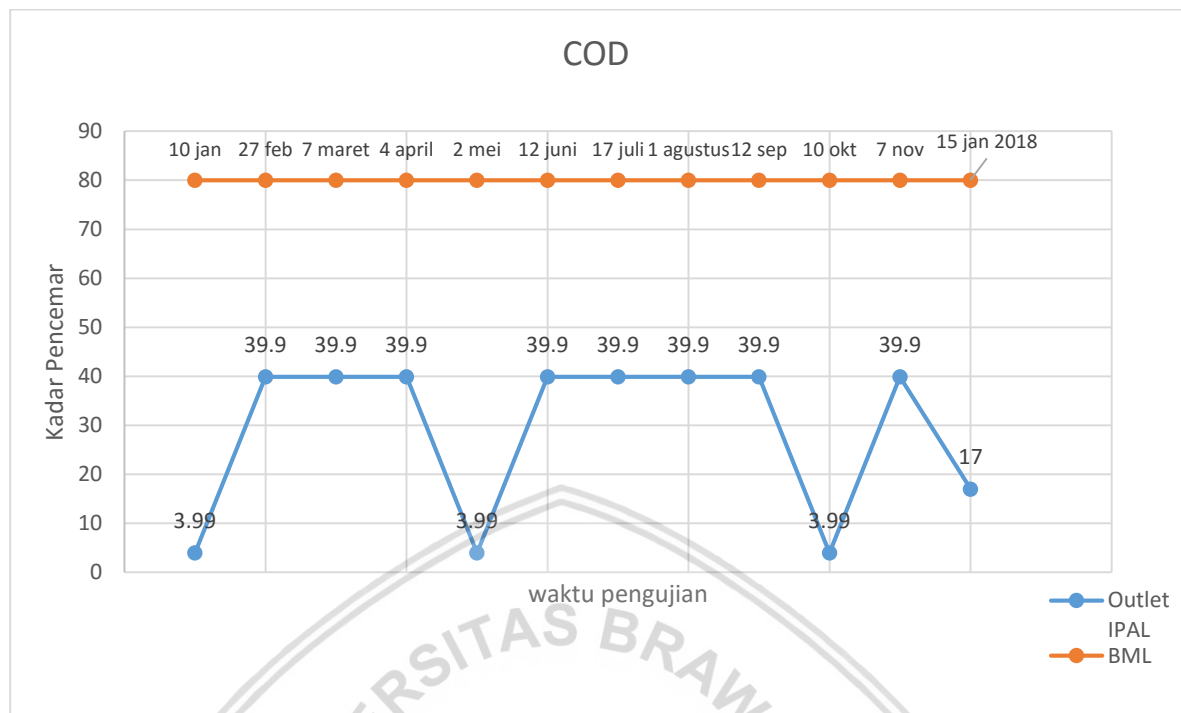


Gambar 4.18 Grafik Kandungan BOD pada *Effluent* IPAL

Berdasarkan grafik, dapat dilihat bahwa nilai kandungan BOD pada *Effluent* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jauh lebih kecil dari nilai baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. Dengan rentang angka kandungan BOD pada *Effluent* 1.74 -5,3 mg/l, memperlihatkan angka yang aman untuk dibuang ke badan air, karena baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013 Tentang Baku mutu air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha adalah pada nilai 30 mg/l.

Rendahnya nilai BOD pada *Effluent* air limbah dapat disebabkan juga oleh rendahnya nilai konsentrasi BOD pada *inlet* IPAL rumah sakit. Dengan nilai kadar BOD pada *inlet* yang relatif kecil sebesar 34,41 mg/l (nilai rata-rata dari empat data *inlet* yang ada), maka untuk mencapai angka baku mutu yang aman untuk lingkungan sebenarnya hanya membutuhkan persentase *removal* yang kecil. Dengan optimalnya proses pengolahan biologis yang terjadi pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, maka efisiensi pengolahan BOD dapat mencapai 91,18 %. Hal ini menjadikan nilai BOD yang terkandung pada *Effluent* pun semakin jauh berada dibawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan, sehingga aman untuk dibuang ke badan air. Rendahnya konsentrai BOD yang masuk ke unit IPAL, sebagian besar dipengaruhi oleh efektifnya *treatment* yang terjadi pada tangki septik. Penggunaan tangki septik sebagai *treatment* awal sebelum air limbah masuk ke unit IPAL menjadi hal yang efektif untuk dilakukan, karena pada tangki septik ini, *removal* BOD dapat mencapai 85% (Mara dan Silva, 1986)

- COD

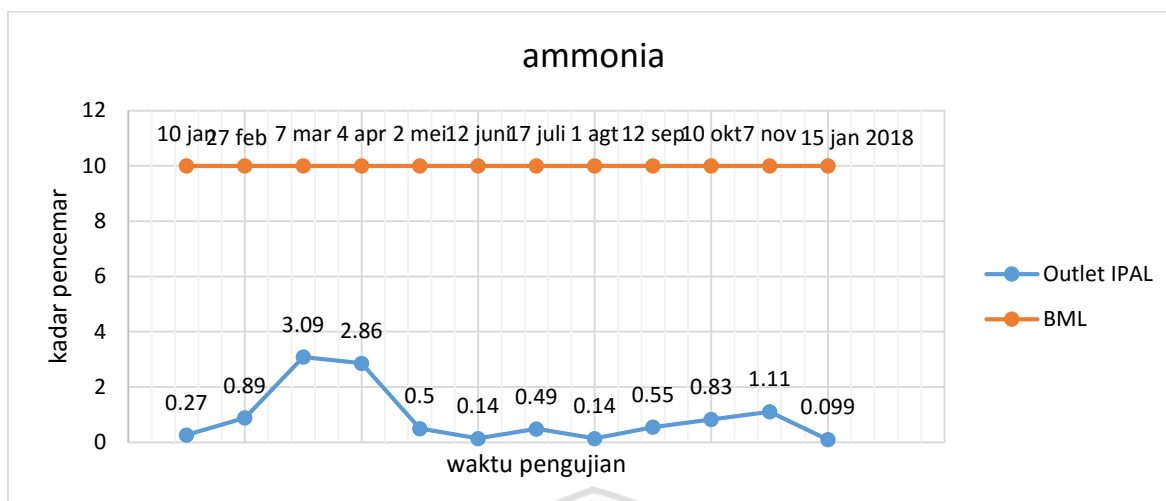


Gambar 4.19 Grafik Kandungan COD pada *Effluent* IPAL

Berdasarkan grafik, dapat dilihat bahwa nilai kandungan COD pada *Effluent* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta relatif rendah. Dengan rentang angka kandungan COD pada *Effluent* 3.99-39,9 mg/l, memperlihatkan angka yang aman untuk dibuang ke badan air, karena baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013 Tentang Baku mutu air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha untuk kandungan COD adalah sebesar 80 mg/l.

Proses pengolahan biologis yang ada pada IPAL rumah sakit dianggap berjalan cukup optimal. Proses pengolahan dengan sistem bioreaktor ini dinilai cukup efektif untuk menurunkan kadar COD yang terkandung dalam air olahan. Dengan optimalnya proses pengolahan biologis yang terjadi pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati, maka efisiensi pengolahan BOD dapat mencapai nilai 87,07 %. Hal ini menjadikan nilai COD yang terkandung pada *Effluent* IPAL rumah sakit jauh berada dibawah baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan, sehingga aman untuk dibuang ke badan air dalam hal ini yaitu sungai grogol.

- Ammonia



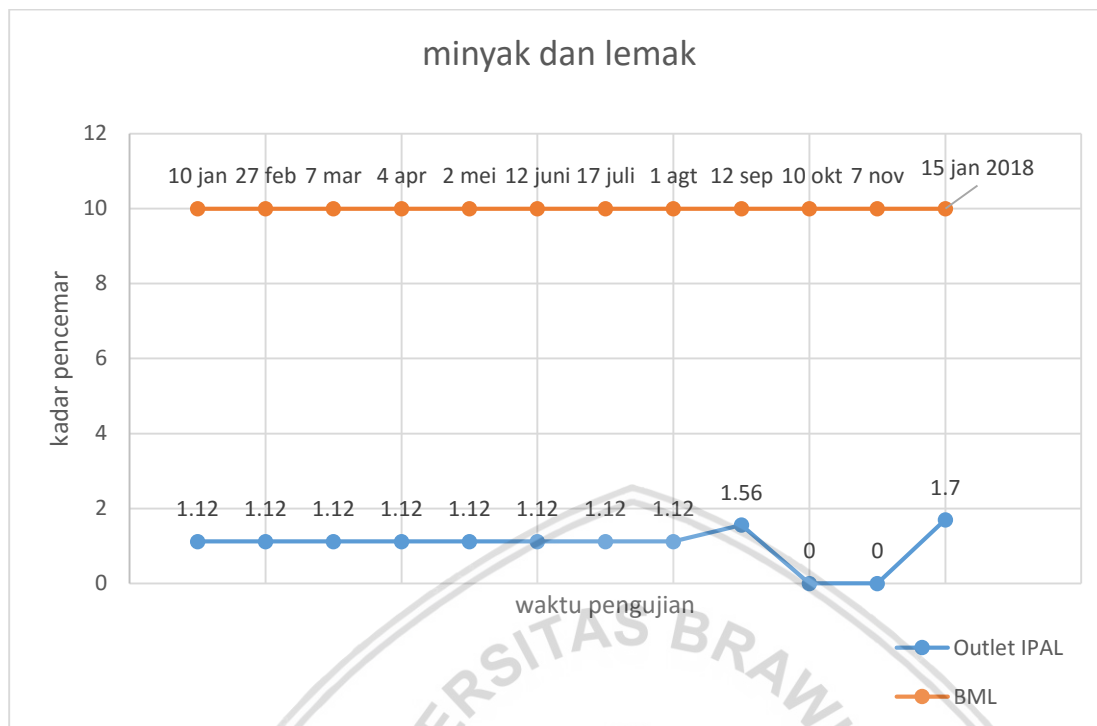
Gambar 4.20 Grafik Kandungan Ammonia pada *Effluent* IPAL

Berdasarkan grafik kandungan ammonia diatas, dapat diketahui bahwa kandungan ammonia yang ada pada *Effluent* air limbah aman karena relatif jauh berada di bawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan. Berdasarkan data hasil pengujian kualitas *Effluent* IPAL yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Lingkungan Pemprov DKI Jakarta dan penulis, kadar ammonia dalam *Effluent* air limbah berada pada rentang nilai 0,099-3,09 mg/l, nilai ini memperlihatkan angka yang aman untuk dibuang ke badan air, karena baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013 Tentang Baku mutu air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha untuk kandungan ammonia adalah sebesar 10 mg/l.

Keberadaan ammonia pada air limbah ini, selain akibat reaksi dari nitrogen, juga dipengaruhi oleh tingkat hunian pada rumah sakit. Semakin tinggi tingkat hunian sebuah rumah sakit, maka ammonia yang terkandung dalam timbulan air limbahnya juga akan relatif tinggi. Hal ini dikarenakan salah satu penyumbang ammonia terbesar dalam air limbah adalah akibat urine dan feses dari manusia. Jadi, jika tingkat hunian rumah sakit tinggi, maka dapat dipastikan bahwa kandungan ammonia dalam timbulan air limbah rumah sakit juga tinggi. Persentase *removal* ammonia pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sebesar 93.86%. Ini menunjukkan bahwa, *treatment* yang terjadi pada IPAL rumah sakit optimal untuk menurunkan kadar ammonia pada air limbah rumah sakit.

Kandungan ammonia yang relatif kecil pada *Effluent* air limbah ini menunjukkan bahwa proses sedimentasi berjalan dengan efektif. Selain itu, salah satu *treatment* yang juga berpengaruh terhadap kandungan ammonia adalah proses aerasi. Proses aerasi yang tepat dapat membantu menurunkan kadar ammonia pada limbah cair.

- Minyak dan lemak

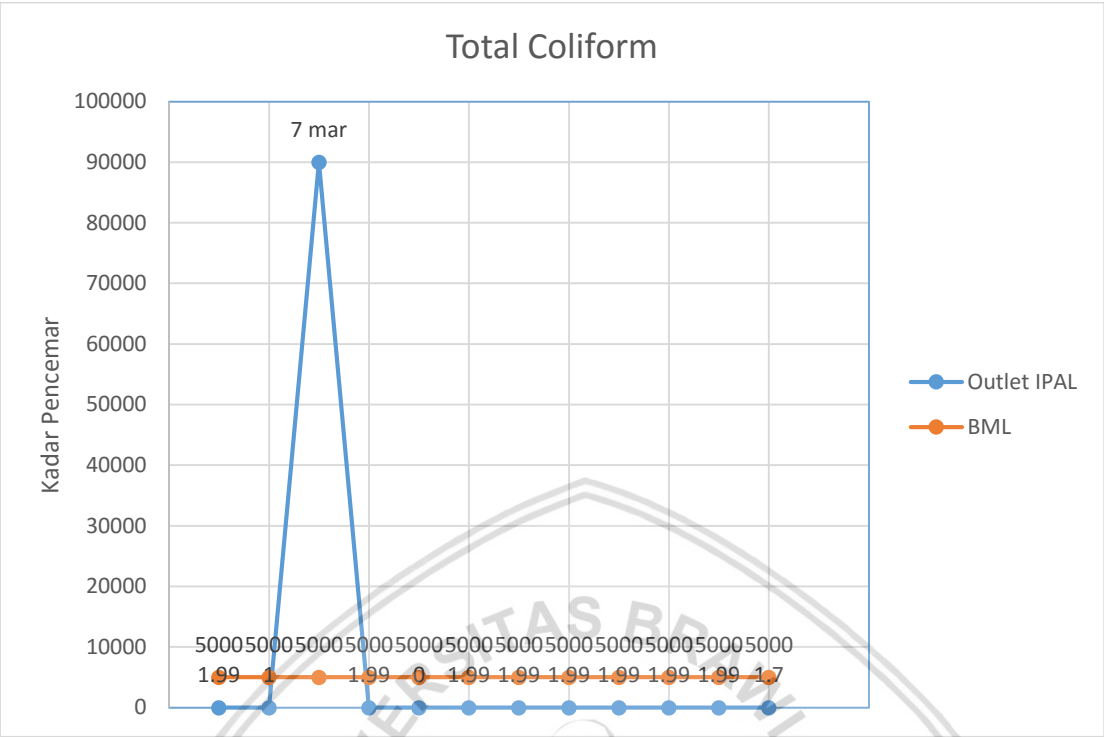


Gambar 4.21 Grafik Kandungan Minyak dan Lemak pada *Effluent* IPAL

Data konsentrasi minyak dan lemak pada *Effluent* IPAL rumah sakit seperti terlihat pada grafik diatas dapat dikatakan jauh berada di bawah nilai baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan, dengan rentang angka kandungan minyak dan lemak pada *Effluent* sebesar 0-1,7 mg/l. nilai ini memperlihatkan angka yang aman untuk dibuang ke badan air, karena baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013 Tentang Baku mutu air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha untuk minyak dan lemak adalah pada nilai 10 mg/l.

Hal ini dapat terjadi karena bak penangkap minyak/lemak (*grease trap*) yang terdapat pada pengolahan awal dari unit kantin dan gizi sebelum masuk kedalam bak pengumpul (*sump pit*) berfungsi dengan baik sehingga kadar minyak dan lemak yang masuk pada *inlet* sudah relatif kecil dan memenuhi baku mutu lingkungan yang ditetapkan.

- Total Coliform



Gambar 4.22 Grafik Kandungan Total Coliform pada *Effluent* IPAL

Berdasarkan dari grafik kandungan total coliform diatas, dapat diketahui bahwa kandungan total coliform yang terdapat pada *Effluent* air limbah aman karena relatif jauh berada di bawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan kecuali untuk data 7 maret 2017 yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Lingkungan Pemprov DKI Jakarta dengan nilai 90000. Berdasarkan data hasil pengujian kualitas *Effluent* IPAL yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Lingkungan Pemprov DKI Jakarta dan penulis, total coliform dalam *Effluent* air limbah memperlihatkan angka yang aman untuk dibuang ke badan air, karena baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013 Tentang Baku mutu air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha untuk kandungan total coliform adalah sebesar 5000.

Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa proses penurunan kadar total coliform pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati berjalan cukup optimal, hal itu bisa dilihat dari presentase *removal* total coliform pada unit IPAL yang mempunyai nilai sebesar 99.98%

- MBAS (Deterjen)

Untuk analisa dari kandungan MBAS atau deterjen pada *outlet* IPAL hanya bisa dilakukan berdasarkan pengujian data yang penulis lakukan karena berdasarkan data yang didapat dari pihak rumah sakit tidak ada data kandungan MBAS.

Nilai MBAS pada *Effluent* IPAL rumah sakit adalah sebesar 0.009mg/l. Hal ini menjadikan nilai MBAS yang terkandung pada *Effluent* IPAL rumah sakit jauh berada dibawah baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan oleh Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013 Tentang Baku mutu air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha untuk kandungan total coliform dengan nilai 10 mg/l. sehingga aman untuk dibuang ke badan air dalam hal ini yaitu sungai grogol.

Rendahnya nilai MBAS ini disebabkan karena kadar MBAS yang masuk ke unit pengolahan juga relatif kecil. Hal ini terjadi karena timbulan limbah cair dari kegiatan laundry diolah dulu oleh bak penangkap busa sebelum masuk ke bak pengumpul (*sump pit*) dan dialirkan masuk ke unit IPAL. Dengan demikian, kandungan *surfactan* yang terdapat pada timbulan limbah jumlahnya relatif kecil.

Berdasarkan data yang ada menunjukkan bahwa proses penurunan kadar MBAS yang dilakukan oleh unit IPAL Rumah Sakit umum pusat fatmawati Jakarta berjalan sangat optimal. Hal ini bisa dilihat dari persentase *removal* MBAS pada IPAL yang memiliki nilai 99.60%.

4.8. Perbandingan Data Sekunder Dengan Analisa Laboratorium

Berikut ini, akan dilakukan perbandingan dari data kualitas limbah cair *influent* dan *Effluent* dari IPAL rumah sakit, antara data dari pihak rumah sakit (data sekunder) dengan hasil analisis laboratorium.

Tabel 4.12 Perbandingan Data Sekunder dengan Analisis Laboratorium

Parameter	Satuan	Baku mutu	<i>Influent</i>		<i>Effluent</i>	
			Data sekunder	Analisis laboratorium	Data Sekunder	Analisis Laboratorium
pH		6-9	7.3	7.1	7.04	7
TSS	mg/l	30	97.5	163	9.09	1
BOD	mg/l	30	34.41	105	3.03	4
COD	mg/l	80	232.90	320	30.11	17
Ammonia	mg/l	10	16.09	23	0.99	0.099
Mbas	mg/l	10	-	1.2	-	0.009

Lanjutan Tabel 4.12 Perbandingan Data Sekunder dengan Analisis Laboratorium

Parameter	Satuan	Baku mutu	<i>Influent</i>		<i>Effluent</i>	
			Data sekunder	Analisis laboratorium	Data sekunder	Analisis laboratorium
Minyak dan lemak	mg/l	10	0.84	25	0.96	1.7
Total coliform		5000	52637500	920000	8183.356	1.7

Sumber: RSUP Fatmawati Jakarta dan Data Laboratorium, 2018

Keterangan :

* Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013

** Nilai rata-rata dari data yang ada

Dari tabel diatas, untuk data perbandingan dari *influent*, dapat diketahui bahwa data yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium yang penulis lakukan tidak jauh berbeda untuk parameter pH dan ammonia. Sementara untuk parameter yang lain seperti kandungan TSS, BOD, COD, MBAS, minyak lemak, dan total coliform terdapat perbedaan yang cukup besar. Hal ini diduga karena data sekunder merupakan data yang didapat dari empat kali hasil pemeriksaan (empat bulan), sedangkan data yang diperoleh dari analisis laboratorium merupakan data yang didapat dari satu kali pengambilan sample dalam satu waktu.

Sementara untuk data pada *Effluent*, tidak terlalu terlihat adanya perbedaan yang mencolok dengan data yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium. Berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari pihak rumah sakit dan data hasil analisis laboratorium, dapat dilihat bahwa kualitas *Effluent* dari unit IPAL di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati dapat berjalan dengan baik. Hal ini terlihat dari kualitas *Effluent* yang berada dibawah nilai baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. Hal itu dapat terjadi karena data sekunder merupakan data yang didapat dari sebelas kali hasil pemeriksaan (sebelas bulan), sedangkan data yang diperoleh dari analisis laboratorium merupakan data yang didapat dari satu kali pengambilan sample dalam satu waktu dan adanya data yang memiliki nilai jauh diatas baku mutu yang ditetapkan pada tanggal 7 maret 2017 dengan angka 90000 sehingga menghasilkan angka rata-rata data yang cukup besar.

4.9. Analisa Influent IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Terjadi Penambahan Kapasitas Tempat Tidur

Berikut ini, akan dilakukan Analisis terhadap kapasitas IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati jika terjadi penambahan kapasitas tempat tidur pada rumah sakit. Analisa berdasarkan dari data hasil perhitungan debit yang masuk ke IPAL rumah sakit menggunakan tingkat hunian (BOR).

Kapasitas IPAL rumah sakit = $21.25 \text{ m}^3/\text{jam}$

Debit air limbah rumah sakit dengan kapasitas tempat tidur 846 dan BOR 79.55%

$$= 11.22 \text{ m}^3/\text{jam} < 21.25 \text{ (ok)}$$

Dengan kapasitas tempat tidur yang ada saat ini pada rumah sakit umum pusat fatmawati Jakarta debit air limbah masih dapat ditampung oleh kapasitas IPAL rumah sakit.

Maka sekarang akan dilakukan coba-coba untuk mengetahui kapasitas maksimal dari penambahan tempat tidur yang dapat ditampung oleh IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati.

Percobaan untuk 900 tempat tidur:

Penggunaan Air Bersih = $500 \text{ liter/bed/hari} \times 900 \text{ bed} \times 79.55\%$

$$= 357975 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 357975 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 286380 \text{ L/hari}$$

$$= 11.923 \text{ m}^3/\text{jam} < 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}$$

Percobaan untuk 950 tempat tidur

Penggunaan Air Bersih = $500 \text{ liter/bed/hari} \times 950 \text{ bed} \times 79.55\%$

$$= 377862.5 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 377862.5 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 302290 \text{ L/hari}$$

$$= 12.6 \text{ m}^3/\text{jam} < 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}$$

Percobaan untuk 1000 tempat tidur

Penggunaan Air Bersih = $500 \text{ liter/bed/hari} \times 1000 \text{ bed} \times 79.55\%$

$$= 336496.5 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned}
 &= 397750 \text{ L/hari} \times 80\% \\
 &= 318200 \text{ L/hari} \\
 &= 13.26 \text{ m}^3/\text{jam} < 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

Percobaan untuk 1250 tempat tidur

$$\begin{aligned}
 \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1250 \text{ bed} \times 79.55\% \\
 &= 497187.5 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned}
 &= 497187.5 \text{ L/hari} \times 80\% \\
 &= 397750 \text{ L/hari} \\
 &= 16.75 \text{ m}^3/\text{jam} < 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

Percobaan untuk 1500 tempat tidur

$$\begin{aligned}
 \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1500 \text{ bed} \times 79.55\% \\
 &= 596625 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned}
 &= 596625 \text{ L/hari} \times 80\% \\
 &= 477300 \text{ L/hari} \\
 &= 19.89 \text{ m}^3/\text{jam} < 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

Percobaan untuk 1600 tempat tidur

$$\begin{aligned}
 \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1600 \text{ bed} \times 79.55\% \\
 &= 636400 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned}
 &= 636400 \text{ L/hari} \times 80\% \\
 &= 509120 \text{ L/hari} \\
 &= 21.21 \text{ m}^3/\text{jam} < 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

Percobaan untuk 1603 tempat tidur

$$\begin{aligned}
 \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1603 \text{ bed} \times 79.55\% \\
 &= 637593.3 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned}
 &= 637593.3 \text{ L/hari} \times 80\% \\
 &= 510074.6 \text{ L/hari} \\
 &= 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} = 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan coba-coba diatas maka dapat diketahui bahwa untuk kapasitas IPAL rumah sakit umum pusat fatmawati saat ini mampu untuk menampung apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur sampai sejumlah 1603 bed.

4.10. Analisa Proses dan Dimensi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Terjadi Penambahan Kapasitas Tempat Tidur

Berikut ini akan dilakukan analisa Unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur apakah masih dapat menghasilkan *Effluent* yang sesuai dengan baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh pemerintah lewat Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013 Tentang Baku mutu air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha dan waktu tinggal yang ada masih sesuai dengan kriteria desain yang sudah ditetapkan. Analisa ini akan memakai desain perbaikan IPAL rumah sakit yang sudah penulis lakukan dengan perubahan lokasi dari bak ekualisasi menjadi pengolahan pertama dan penambahan *Dissolved Air Flotation* pada unit Flotasi. Pada analisa ini akan digunakan data dari rata-rata *influent* yang ada yaitu data sekunder yang diperoleh dari rumah sakit dan data hasil uji laboratorium yang penulis lakukan. Rumus yang akan digunakan dalam pembahasan adalah sebagai berikut :

$$\%Kadar \text{ pencemar} = \frac{\text{rata-rata kandungan pencemar di influent}}{\text{Debit Limbah Cair}} \times 100\% \dots\dots\dots (4-2)$$

Sehingga didapat % kadar pencemar pada *influent* :

$$\%TSS \text{ influent} = \frac{110.6 \text{ mg/L}}{18750 \text{ L/jam}} \times 100\% = 0.59\%$$

$$\%BOD \text{ influent} = \frac{48.53 \text{ mg/L}}{18750 \text{ L/jam}} \times 100\% = 0.26\%$$

$$\%COD \text{ influent} = \frac{250.324 \text{ mg/L}}{18750 \text{ L/jam}} \times 100\% = 1.33\%$$

$$\%Ammonia \text{ influent} = \frac{17.87 \text{ mg/L}}{18750 \text{ L/jam}} \times 100\% = 0.095\%$$

$$\%MBAS \text{ influent} = \frac{1.2 \text{ mg/L}}{18750 \text{ L/jam}} \times 100\% = 0.0064\%$$

$$\%Minyak \text{ dan lemak influent} = \frac{5.27 \text{ mg/L}}{18750 \text{ L/jam}} \times 100\% = 0.028\%$$

$$\%Total\ coliform\ influent = \frac{42294000\ mg/L}{18750\ L/jam} \times 100\% = 225.57\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat persentase pencemar pada *influent* sebesar 0.59% untuk TSS, 0.26% untuk BOD, 1.33% untuk COD, 0.095% untuk Ammonia, 0.0064% untuk MBAS, 225.57% untuk total coliform dan 0.028% untuk minyak dan lemak. Selanjutnya akan dihitung besar kandungan pencemar pada *influent* dengan menggunakan debit setelah terjadi penambahan kapasitas tempat tidur pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati yaitu 21,253 L/jam.

Perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS\ influent = \frac{21,253\ L/jam \times 0.59}{100} = 125.39\ mg/L$$

$$BOD\ influent = \frac{21,253\ L/jam \times 0.26}{100} = 55.26\ mg/L$$

$$COD\ influent = \frac{21,253\ L/jam \times 1.33}{100} = 282.66\ mg/L$$

$$Ammonia\ influent = \frac{21,253\ L/jam \times 0.095}{100} = 20.19\ mg/L$$

$$MBAS\ influent = \frac{21,253\ L/jam \times 0.0064}{100} = 1.36\ mg/L$$

$$minyak\ dan\ lemak\ influent = \frac{21,253\ L/jam \times 0.028}{100} = 5.95\ mg/L$$

$$Total\ Coliform = \frac{21,253\ L/jam \times 225.57}{100} = 47940.39$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapat kandungan pencemar pada *influent* dengan debit 21,253 L/jam yaitu sebesar 125.39 mg/L untuk TSS, 55.26 mg/L untuk BOD, 282.66 mg/L untuk COD, 20.19 mg/L untuk Ammonia, 1.36 mg/L untuk MBAS, 5.95 mg/L untuk minyak dan lemak, dan 47940.39 untuk kandungan total coliform.

4.10.1 Bak Ekualisasi

Berikut ini akan dilakukan perhitungan kadar pencemar pada *outlet* bak Ekualisasi berdasarkan dari hasil perhitungan kadar pencemar pada *influent*. Untuk efisiensi yang digunakan pada bak ekualisasi ini akan diasumsikan sebesar 15% karena terjadi perbaikan pada kondisi eksisting IPAL rumah sakit dan perubahan posisi bak ekualisasi menjadi pengolahan pertama pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta.

Rumus yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

$$nilai\ parameter\ di\ outlet = \frac{nilai\ parameter\ di\ inlet \times (100\% - \% removal)}{100} \dots\dots\dots (4-3)$$

Tabel 4.13. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Ekualisasi

Unit	TSS	BOD	COD
<i>Inlet</i> Ekualisasi	125.39 mg/L	55.26 mg/L	282.66 mg/L
% <i>removal</i>	15%	15%	15%

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

$$\text{nilai TSS di outlet} = \frac{125.39 \times (100\% - 15\%)}{100} = 106.58 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai BOD di outlet} = \frac{55.26 \times (100\% - 15\%)}{100} = 46.97 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai COD di outlet} = \frac{282.66 \times (100\% - 15\%)}{100} = 240.26 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan kadar pencemar menggunakan persentase *removal* pada bak ekualisasi ini, diketahui bahwa unit ekualisasi ini memiliki nilai kandungan pencemar pada *outlet* sebesar 106.58 mg/L untuk TSS, 46.97 mg/L untuk BOD, dan 240.26 mg/L untuk COD.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan waktu tinggal pada bak ekualisasi dengan debit baru setelah terjadi peningkatan kapasitas tempat tidur rumah sakit menjadi 1603 tempat tidur.

$$\text{Volume Bak Ekualisasi} = 10.33 \text{ m} \times 5.40 \text{ m} \times 3.75 \text{ m} = 209.1 \text{ m}^3.$$

Cek waktu tinggal dalam bak:

Bak ekualisasi

$$td = V/Q = 209.1 / 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} = 9.84 \text{ jam. } 6-10 \text{ jam (sesuai kriteria desain (nusa idaman said, 2002))}$$

Dari hasil analisa perhitungan dapat diketahui bahwa waktu tinggal pada bak ekualisasi sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan oleh nusa idaman said (2002).

Hal ini dapat dilihat dari nilai waktu tinggal pada bak ekualisasi yaitu 9.84 jam yang masih masuk dalam rentang kriteria desain selama 6 – 10 jam. Sehingga dapat dikatakan bahwa bak ekualisasi sudah mencapai performa optimal. Sementara kedalaman bak ekualisasi saat ini sudah memenuhi kriteria desain kedalaman minimum dari Metcalf & eddy sehingga tidak perlu adanya perubahan dimensi pada unit ekualisasi.

4.10.2 Bak Flotasi

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan kadar pencemar pada *outlet* bak Flotasi berdasarkan dari hasil perhitungan kadar pencemar pada *Effluent* bak Ekualisasi. efisiensi penurunan kadar pencemar yang digunakan adalah efisiensi *dissolved air flotation* untuk

TSS, COD dan minyak lemak sementara untuk BOD menggunakan efisiensi pada bak flotasi yang telah dihitung oleh penulis sebelumnya.

Tabel 4.14. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Flotasi

Unit	TSS	BOD	COD	Minyak dan lemak
<i>Inlet</i> Flotasi	106.58 mg/L	46.97 mg/L	240.26 mg/L	5.06 mg/L
% <i>removal</i>	90%	52.38%	90%	94%

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

$$\text{nilai TSS di outlet} = \frac{106.58 \times (100\% - 90\%)}{100} = 10.66 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai BOD di outlet} = \frac{46.97 \times (100\% - 52.38\%)}{100} = 22.87 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai COD di outlet} = \frac{240.26 \times (100\% - 90\%)}{100} = 24.03 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai minyak \& lemak di outlet} = \frac{5.06 \times (100\% - 94\%)}{100} = 0.30 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan kadar pencemar menggunakan persentase *removal* pada bak flotasi diatas, maka diketahui bahwa unit flotasi ini memiliki nilai kandungan pencemar pada *outlet* sebesar 10.66 mg/L untuk TSS , 22.87 mg/L untuk BOD, 24.03 mg/L untuk COD dan 0.30 mg/L untuk minyak dan lemak.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan waktu tinggal pada Unit Flotasi dengan debit baru setelah terjadi peningkatan kapasitas tempat tidur rumah sakit menjadi 1603 tempat tidur.

$$\text{Volume bak flotasi} = 5.75 \times 1.25 \times 2.25 = 16.17 \text{ m}^3$$

Cek waktu tinggal dalam bak

$$td = V/Q = 16.17 \text{ m}^3 / 21.25 \text{ m}^3/\text{hari} = 0.76 \text{ jam} = 45.66 \text{ menit} > 20 - 30 \text{ menit (sesuai dengan kriteria desain)}$$

Dari hasil analisa perhitungan diketahui bahwa waktu tinggal bak flotasi sudah sesuai dengan kriteria desain yang ada. Hal ini dapat dilihat dari nilai waktu tinggal pada bak Flotasi yang lebih besar dari kriteria desain yang ditetapkan yaitu 20-30 menit dengan nilai 45.66 menit. Hal ini menunjukkan bahwa bak flotasi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sudah optimal dan tidak memerlukan adanya perubahan dimensi.

4.10.3 Bak Sedimentasi

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan kadar pencemar pada *outlet* bak Sedimentasi berdasarkan dari hasil perhitungan kadar pencemar pada *Effluent* bak flotasi dan efisiensi penurunan pada bak sedimentasi yang telah dilakukan penulis sebelumnya.

Tabel 4.15. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Sedimentasi

	TSS	BOD	COD
<i>Inlet</i> Sedimentasi	10.66 mg/L	22.87 mg/L	24.03 mg/L
% <i>removal</i>	85.58%	74%	62.82%

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Sehingga hasil perhitungannya menjadi:

$$\text{nilai TSS di outlet} = \frac{10.66 \times (100\% - 85.58\%)}{100} = 1.54 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai BOD di outlet} = \frac{22.87 \times (100\% - 74\%)}{100} = 5.95 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai COD di outlet} = \frac{24.03 \times (100\% - 62.82\%)}{100} = 8.93 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan kadar pencemar menggunakan persentase *removal* pada unit ekualisasi ini, diketahui bahwa unit ekualisasi ini memiliki nilai kandungan pencemar pada *outlet* sebesar 1.54 mg/L untuk TSS, 5.95 mg/L untuk BOD, dan 8.93 mg/L untuk COD.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan waktu tinggal pada Unit sedimentasi dengan debit baru setelah terjadi peningkatan kapasitas tempat tidur rumah sakit menjadi 1603 tempat tidur.

$$\text{Volume bak sedimentasi} = 9.67 \text{ m} \times 5.25 \text{ m} \times 3.25 \text{ m} = 165 \text{ m}^3$$

Cek waktu tinggal dalam bak sedimentasi:

$$td = V/Q = 165 \text{ m}^3 / 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} = 7.76 \text{ jam} > 2-2.5 \text{ jam} \text{ (sesuai dengan kriteria desain SNI 6774 tahun 2008)}$$

Cek beban permukaan:

$$Vo = Q/A_{\text{cross}} = 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} / (5.25 \text{ m} \times 9.67 \text{ m}) = 0.42 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{jam} = 10.08 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{jam} < 50 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{jam} \text{ (ok)}$$

Berdasarkan perhitungan waktu tinggal, diketahui bahwa waktu tinggal dari bak sedimentasi yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati cukup sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan pada SNI 6774 tahun 2008, karena waktu tinggal pada bak sedimentasi IPAL rumah sakit adalah 7.76 jam dan nilai itu jauh lebih besar dari kriteria desain yang ada yaitu 2-2.5 jam. Karena waktu tinggal dari bak sedimentasi IPAL rumah sakit saat ini jauh melebihi kriteria desain yang ada maka dapat dikatakan bahwa unit sedimentasi ini memiliki dimensi yang baik dan dapat berjalan optimal. Untuk beban permukaan sudah optimal, hal ini dapat dilihat dari nilai beban permukaan yang sesuai dengan kriteria desain. Hal ini menunjukkan bahwa bak sedimentasi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sudah optimal dan tidak memerlukan adanya perubahan dimensi.

4.10.4 Bak Aerasi

Berikut ini akan dilakukan perhitungan kadar pencemar pada *outlet* bak Aerasi berdasarkan dari hasil perhitungan kadar pencemar pada *inlet* aerasi dan efisiensi penurunan pada bak aerasi yang telah dilakukan penulis sebelumnya.

Tabel 4.16. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Aerasi

	TSS	BOD	COD	Ammonia	MBAS
<i>Inlet</i> Aerasi	1.54 mg/L	5.95 mg/L	8.93 mg/L	32.64 mg/L	0.067 mg/L
% <i>removal</i>	94.28%	81.40%	75.84%	64.10%	97.5%

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Perhitungan kadar pencemar pada outlet bak aerasi sebagai berikut:

$$\text{nilai TSS di outlet} = \frac{1.54 \times (100\% - 94.28\%)}{100} = 0.088 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai BOD di outlet} = \frac{5.95 \times (100\% - 81.40\%)}{100} = 1.11 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai COD di outlet} = \frac{8.93 \times (100\% - 75.84\%)}{100} = 2.16 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai Ammonia di outlet} = \frac{32.64 \times (100\% - 64.10\%)}{100} = 11.72 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai MBAS di outlet} = \frac{0.067 \times (100\% - 97.5\%)}{100} = 0.002 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan kadar pencemar menggunakan persentase *removal* pada unit aerasi, dapat diketahui bahwa unit aerasi ini memiliki nilai kandungan pencemar pada *outlet* sebesar 0.088 mg/L untuk TSS , 1.11 mg/L untuk BOD, 2.16 mg/L untuk COD, 11.72 mg/L untuk Ammonia dan 0.002 mg/L untuk kandungan MBAS.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan waktu tinggal pada Unit Aerasi dengan debit baru setelah terjadi peningkatan kapasitas tempat tidur rumah sakit menjadi 1603 tempat tidur.

$$td = V/Q = 60 \text{ m}^3 / 21.25 \text{ m}^3/\text{jam} = 2.82 \text{ jam} > 2 - 3 \text{ jam (sesuai kriteria desain (BPPT,(2002:83)))}$$

Berdasarkan perhitungan waktu tinggal, diketahui bahwa waktu tinggal dari bak Aerasi yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sudah sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan oleh badan pengkajian dan penerapan teknologi (2002:83), karena waktu tinggal pada bak Aerasi ini adalah 2.82 jam dan nilai itu sesuai dengan kriteria desain yang ada yaitu 2 - 3 jam. Karena waktu tinggal dari bak Aerasi IPAL rumah sakit saat ini sudah melebihi kriteria desain yang ada maka dapat dikatakan bahwa unit aerasi ini memiliki dimensi yang baik dan dapat berjalan optimal. Hal ini menunjukkan bahwa bak aerasi IPAL

Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sudah optimal dan tidak memerlukan adanya perubahan dimensi.

4.10.5 Rekapitulasi Analisa Proses dan Dimensi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Terjadi Penambahan Kapasitas Tempat Tidur

Hasil dari pembahasan analisa proses IPAL rumah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.17. Rekapitulasi analisa proses IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur

Unit	<i>Effluent</i> TSS	<i>Effluent</i> BOD	<i>Effluent</i> COD	<i>Effluent</i> Ammonia	<i>Effluent</i> minyak lemak	<i>Effluent</i> MBAS (Deterjen)
Bak Ekualisasi	106.58 mg/L	46.97 mg/L	240.26 mg/L	-	-	-
Bak Flotasi	10.66 mg/L	22.87 mg/L	24.03 mg/L	-	0.30 Mg/L	-
Bak Sedimentasi	1.54 mg/L	5.95 mg/L	8.93 mg/L	-	-	-
Bak Aerasi	0.088 mg/L	1.11 mg/L	2.16 mg/L	11.72 mg/L	-	0.002 mg/L

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Sementara Hasil dari pembahasan analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.18. Rekapitulasi analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit umum pusat Fatmawati apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur

Unit	Waktu Tinggal	Kriteria desain	Keterangan
Bak Ekualisasi	9.84 jam	6-10 jam	Sesuai
Bak Flotasi	45.66 menit	20-30 menit	Sesuai
Bak Sedimentasi	7.76 jam	2-2.5 jam	Sesuai
Bak Aerasi	2.82 jam	2-3 jam	Sesuai

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Berdasarkan rekapitulasi diatas diketahui bahwa unit IPAL ru Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati memiliki waktu tinggal yang sesuai kriteria desain dengan debit baru setelah terjadi penambahan kapasitas tempat tidur.

4.11 Analisa Output IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Terjadi Penambahan Kapasitas Tempat Tidur

Setelah limbah cair mengalami pengolahan pada unit- unit proses yang terdapat pada IPAL maka selanjutnya akan dialirkan menuju badan air dalam kasus ini sungai grogol yang merupakan tempat pembuangan dari limbah cair hasil pengolahan.

Dalam sistem pengolahan air limbah, Parameter pada *outlet* merupakan suatu hal yang paling penting untuk dianalisis. Selain karena hal ini adalah salah satu ketentuan pembuangan air limbah hasil olahan, hal ini juga karena kualitas air olahan pada *outlet* akan sangat mempengaruhi kondisi dari badan air penerima.

Berdasarkan hasil olahan penulis, Kualitas *Effluent* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur adalah seperti yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4.19. Hasil Perhitungan Parameter Air Limbah Pada *Outlet* IPAL

Parameter	kandungan	BML (Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013)
pH	7	6-9
TSS	0.022 mg/L	30 mg/L
BOD	0.227 mg/L	30 mg/L
COD	1.019 mg/L	80 mg/L
Minyak dan Lemak	0.002 mg/L	10 mg/L
MBAS	0.001 mg/L	10 mg/L
Ammonia	0.085 mg/L	10 mg/L
Total coliform	0.010	5000

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Berdasarkan data hasil perhitungan, dapat dilihat bahwa keseluruhan parameter yang dihitung pada *outlet* IPAL berada dibawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur DKI Jakarta No 69 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi kesehatan dan atau usaha.

4.12. Analisa Unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Penambahan Kapasitas Tempat Tidur Digabung Dengan Debit kegiatan Diluar Tempat Tidur

Selanjutnya akan dilakukan analisa Unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila debit dari limbah cair berdasarkan jumlah tempat tidur ditambah dengan debit dari kegiatan lain selain yang berasal dari tempat tidur pasien rumah sakit.

Debit rata-rata harian rumah sakit = $450 \text{ m}^3/\text{hari}$

Debit berdasarkan tingkat hunian = $269 \text{ m}^3/\text{hari}$

Debit rata-rata harian rumah sakit = debit berdasarkan tingkat hunian + debit dari kegiatan lain selain dari kamar pasien

Debit dari kegiatan lain = $450 - 269 = 181 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 7.54 \text{ m}^3/\text{jam}$

Debit baru berdasarkan penambahan jumlah tempat tidur = $21.25 \text{ m}^3/\text{jam}$

Debit baru total = $21.25 + 7.54 = 28.79 \text{ m}^3/\text{jam}$

Berdasarkan perhitungan diatas maka debit yang akan digunakan untuk pembahasan ini adalah sebesar $28.79 \text{ m}^3/\text{jam}$. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan kadar pencemar pada *influent* dengan debit baru tersebut.

Perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS \text{ influent} = \frac{28790 \text{ L/jam} \times 0.59}{100} = 169.86 \text{ mg/L}$$

$$BOD \text{ influent} = \frac{28790 \text{ L/jam} \times 0.26}{100} = 74.85 \text{ mg/L}$$

$$COD \text{ influent} = \frac{28790 \text{ L/jam} \times 1.33}{100} = 382.91 \text{ mg/L}$$

$$Ammonia \text{ influent} = \frac{28.79 \text{ L/jam} \times 0.095}{100} = 27.35 \text{ mg/L}$$

$$MBAS \text{ influent} = \frac{28790 \text{ L/jam} \times 0.0064}{100} = 1.84 \text{ mg/L}$$

$$\text{minyak dan lemak influent} = \frac{28790 \text{ L/jam} \times 0.028}{100} = 8.06 \text{ mg/L}$$

$$Total \text{ Coliform} = \frac{28790 \text{ L/jam} \times 225.57}{100} = 64941.60$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapat kandungan pencemar pada *influent* dengan debit 28790 L/jam yaitu sebesar 169.86 mg/L untuk TSS, 74.85 mg/L untuk BOD, 382.91 mg/L untuk COD, 27.35 mg/L untuk Ammonia, 1.84 mg/L untuk MBAS, 8.06 mg/L untuk minyak dan lemak, dan 64941.60 untuk kandungan total coliform.

4.12.1 Bak Ekualisasi

Berikut ini akan dilakukan perhitungan kadar pencemar pada *outlet* bak Ekualisasi berdasarkan dari hasil perhitungan kadar pencemar pada *influent*. Untuk efisiensi yang digunakan pada bak ekualisasi ini akan diasumsikan sebesar 15% karena terjadi perbaikan pada kondisi eksisting IPAL rumah sakit dan perubahan posisi bak ekualisasi menjadi pengolahan pertama pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta.

Rumus yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{nilai parameter di outlet} = \frac{\text{nilai parameter di inlet} \times (100\% - \% \text{ removal})}{100} \dots\dots\dots (4-4)$$

Tabel 4.20. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Ekualisasi

Unit	TSS	BOD	COD
<i>Inlet</i> Ekualisasi	169.86 mg/L	74.85 mg/L	382.91 mg/L
% <i>removal</i>	15%	15%	15%

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

$$\text{nilai TSS di outlet} = \frac{169.86 \times (100\% - 15\%)}{100} = 144.38 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai BOD di outlet} = \frac{74.85 \times (100\% - 15\%)}{100} = 63.63 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai COD di outlet} = \frac{382.91 \times (100\% - 15\%)}{100} = 325.47 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan kadar pencemar menggunakan persentase *removal* pada bak ekualisasi ini, diketahui bahwa unit ekualisasi ini memiliki nilai kandungan pencemar pada *outlet* sebesar 144.38 mg/L untuk TSS , 63.63 mg/L untuk BOD, dan 325.47 mg/L untuk COD.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan waktu tinggal pada bak ekualisasi dengan debit baru sebesar 28.79 m³/jam.

Volume Bak Ekualisasi = 10.33 m x 5.40 m x 3.75 m = 209.1 m³.

Cek waktu tinggal dalam bak:

Bak ekualisasi

$$td = V/Q = 209.1 / 28.79 \text{ m}^3/\text{jam} = 7.26 \text{ jam. } 6 - 10 \text{ jam (sesuai kriteria desain (nusa idaman said, 2002))}$$

Dari hasil analisa perhitungan dapat diketahui bahwa waktu tinggal pada bak ekualisasi sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan oleh nusa idaman said (2002).

Hal ini dapat dilihat dari nilai waktu tinggal pada bak ekualisasi yaitu 7.26 jam yang masih masuk dalam rentang kriteria desain selama 6 – 10 jam. Sehingga dapat dikatakan bahwa bak ekualisasi sudah mencapai performa optimal. Sementara kedalaman bak

ekualisasi saat ini sudah memenuhi kriteria desain kedalaman minimum dari Metcalf & eddy yaitu lebih besar dari 2 m sehingga tidak perlu adanya perubahan dimensi pada unit ekualisasi.

4.12.2 Bak Flotasi

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan kadar pencemar pada *outlet* bak Flotasi berdasarkan dari hasil perhitungan kadar pencemar pada *Effluent* bak Ekualisasi. efisiensi penurunan kadar pencemar yang digunakan adalah efisiensi *dissolved air flotation* untuk TSS, COD dan minyak lemak sementara untuk BOD menggunakan efisiensi pada bak flotasi yang telah dihitung oleh penulis sebelumnya.

Tabel 4.21. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak sedimentasi

Unit	TSS	BOD	COD	Minyak dan lemak
<i>Inlet</i> Flotasi	144.38 mg/L	63.63 mg/L	325.47 mg/L	6.85 mg/L
% <i>removal</i>	90%	52.38%	90%	94%

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

$$\text{nilai TSS di outlet} = \frac{144.38 \times (100\% - 90\%)}{100} = 14.44 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai BOD di outlet} = \frac{63.63 \times (100\% - 52.38\%)}{100} = 30.99 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai COD di outlet} = \frac{325.47 \times (100\% - 90\%)}{100} = 32.55 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai minyak \& lemak di outlet} = \frac{6.85 \times (100\% - 94\%)}{100} = 0.41 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan kadar pencemar menggunakan persentase *removal* pada bak flotasi diatas, maka diketahui bahwa unit flotasi ini memiliki nilai kandungan pencemar pada *outlet* sebesar 14.44 mg/L untuk TSS , 30.99 mg/L untuk BOD, 32.55 mg/L untuk COD dan 0.41 mg/L untuk minyak dan lemak.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan waktu tinggal pada Unit Flotasi dengan debit baru sebesar 28.79 m³/jam.

$$\text{Volume bak flotasi} = 5.75 \times 1.25 \times 2.25 = 16.17 \text{ m}^3$$

Cek waktu tinggal dalam bak

$$td = V/Q = 16.17 \text{ m}^3 / 28.79 \text{ m}^3/\text{hari} = 0.56 \text{ jam} = 33.7 \text{ menit} > 20 - 30 \text{ menit (sesuai dengan kriteria desain)}$$

Dari hasil analisa perhitungan diketahui bahwa waktu tinggal bak flotasi sudah sesuai dengan kriteria desain yang ada. Hal ini dapat dilihat dari nilai waktu tinggal pada bak Flotasi yang lebih besar dari kriteria desain yang ditetapkan yaitu 20-30 menit dengan nilai 33.70

menit. Hal ini menunjukkan bahwa bak flotasi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sudah optimal dan tidak memerlukan adanya perubahan dimensi.

4.12.3 Bak Sedimentasi

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan kadar pencemar pada *outlet* bak Sedimentasi berdasarkan dari hasil perhitungan kadar pencemar pada *Effluent* bak flotasi dan efisiensi penurunan pada bak sedimentasi yang telah dilakukan penulis sebelumnya.

Tabel 4.22. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Sedimentasi

	TSS	BOD	COD
<i>Inlet</i> Sedimentasi	14.44 mg/L	30.99 mg/L	32.55 mg/L
% <i>removal</i>	85.58%	74%	62.82%

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Sehingga hasil perhitungannya menjadi:

$$\text{nilai TSS di outlet} = \frac{14.44 \times (100\% - 85.58\%)}{100} = 2.08 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai BOD di outlet} = \frac{30.99 \times (100\% - 74\%)}{100} = 8.06 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai COD di outlet} = \frac{32.55 \times (100\% - 62.82\%)}{100} = 12.10 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan kadar pencemar menggunakan persentase *removal* pada unit ekualisasi ini, diketahui bahwa unit ekualisasi ini memiliki nilai kandungan pencemar pada *outlet* sebesar 2.08 mg/L untuk TSS, 8.06 mg/L untuk BOD, dan 12.10 mg/L untuk COD.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan waktu tinggal pada Unit sedimentasi dengan debit baru sebesar 28.79 m³/jam.

$$\text{Volume bak sedimentasi} = 9.67 \text{ m} \times 5.25 \text{ m} \times 3.25 \text{ m} = 165 \text{ m}^3$$

Cek waktu tinggal dalam bak sedimentasi:

$$td = V/Q = 165 \text{ m}^3 / 28.79 \text{ m}^3/\text{jam} = 5.73 \text{ jam} > 2-2.5 \text{ jam (sesuai dengan kriteria desain SNI 6774 tahun 2008)}$$

Cek beban permukaan:

$$Vo = Q/A_{\text{cross}} = 28.79 \text{ m}^3/\text{jam} / (5.25 \text{ m} \times 9.67 \text{ m}) = 0.57 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{jam} = 13.68 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{jam} < 50 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{jam (ok)}$$

Berdasarkan perhitungan waktu tinggal, diketahui bahwa waktu tinggal dari bak sedimentasi yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati cukup sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan pada SNI 6774 tahun 2008, karena waktu tinggal pada bak sedimentasi IPAL rumah sakit adalah 5.73 jam dan nilai itu jauh lebih besar dari kriteria desain yang ada yaitu 2-2.5 jam. Karena waktu tinggal dari bak sedimentasi IPAL rumah sakit saat ini jauh melebihi kriteria desain yang ada maka dapat dikatakan bahwa unit

sedimentasi ini memiliki dimensi yang baik dan dapat berjalan optimal. Untuk beban permukaan sudah optimal, hal ini dapat dilihat dari nilai beban permukaan yang sesuai dengan kriteria desain. Hal ini menunjukkan bahwa bak sedimentasi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sudah optimal dan tidak memerlukan adanya perubahan dimensi.

4.12.4 Bak Aerasi

Berikut ini akan dilakukan perhitungan kadar pencemar pada *outlet* bak Aerasi berdasarkan dari hasil perhitungan kadar pencemar pada *inlet* aerasi dan efisiensi penurunan pada bak aerasi yang telah dilakukan penulis sebelumnya.

Tabel 4.23. Analisis Karakteristik Limbah Cair pada Bak Aerasi

	TSS	BOD	COD	Ammonia	MBAS
<i>Inlet</i> Aerasi	2.08 mg/L	8.06 mg/L	12.10 mg/L	45.37 mg/L	0.091 mg/L
% <i>removal</i>	94.28%	81.40%	75.84%	64.10%	97.5%

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Perhitungan kadar pencemar pada *otlet* bak aerasi sebagai berikut:

$$\text{nilai TSS di outlet} = \frac{2.08 \times (100\% - 94.28\%)}{100} = 0.12 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai BOD di outlet} = \frac{8.06 \times (100\% - 81.40\%)}{100} = 1.49 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai COD di outlet} = \frac{12.10 \times (100\% - 75.84\%)}{100} = 2.92 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai Ammonia di outlet} = \frac{45.37 \times (100\% - 64.10\%)}{100} = 16.29 \text{ mg/L}$$

$$\text{nilai MBAS di outlet} = \frac{0.091 \times (100\% - 97.5\%)}{100} = 0.002 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan kadar pencemar menggunakan persentase *removal* pada unit aerasi, dapat diketahui bahwa unit aerasi ini memiliki nilai kandungan pencemar pada *outlet* sebesar 0.12 mg/L untuk TSS , 1.49 mg/L untuk BOD, 2.92 mg/L untuk COD, 16.29 mg/L untuk Ammonia dan 0.002 mg/L untuk kandungan MBAS.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan waktu tinggal pada Unit Aerasi dengan debit baru yaitu 28.79 m³/hari.

$$td = V/Q = 60 \text{ m}^3 / 28.79 \text{ m}^3/\text{jam} = 2.08 \text{ jam} > 2 - 3 \text{ jam (sesuai kriteria desain (BPPT,(2002:83)))}$$

Berdasarkan perhitungan waktu tinggal, diketahui bahwa waktu tinggal dari bak Aerasi yang ada pada unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sudah sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan oleh badan pengkajian dan penerapan teknologi (2002:83), karena waktu tinggal pada bak Aerasi ini adalah 2.82 jam dan nilai itu sesuai dengan kriteria desain

yang ada yaitu 2 - 3 jam. Karena waktu tinggal dari bak Aerasi IPAL rumah sakit saat ini sudah melebihi kriteria desain yang ada maka dapat dikatakan bahwa unit aerasi ini memiliki dimensi yang baik dan dapat berjalan optimal.

4.12.5 Rekapitulasi Analisa Kapasitas IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Debit Penambahan Kapasitas Tempat Tidur Digabung Dengan Debit kegiatan Diluar Tempat Tidur

Hasil dari pembahasan analisa proses IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila debit penambahan kapasitas tempat tidur digabung dengan debit kegiatan diluar tempat tidur dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.24. Rekapitulasi analisa proses IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila debit penambahan kapasitas tempat tidur digabung dengan debit kegiatan diluar tempat tidur

Unit	<i>Effluent</i> TSS	<i>Effluent</i> BOD	<i>Effluent</i> COD	<i>Effluent</i> Ammonia	<i>Effluent</i> minyak lemak	<i>Effluent</i> MBAS (Deterjen)
Bak Ekualisasi	144.38 mg/L	63.63 mg/L	325.47 mg/L	-	-	-
Bak Flotasi	14.44 mg/L	30.99 mg/L	32.55 mg/L	-	0.41 mg/L	-
Bak Sedimentasi	2.08 mg/L	8.06 mg/L	12.10 mg/L	-	-	-
Bak Aerasi	0.12 mg/L	1.49 mg/L	2.92 mg/L	16.29 mg/L	-	0.002 mg/L

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Sementara Hasil dari pembahasan analisa dimensi unit-unit pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati debit penambahan kapasitas tempat tidur digabung dengan debit kegiatan diluar tempat tidur dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.25. Rekapitulasi analisa dimensi IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila debit penambahan kapasitas tempat tidur digabung dengan debit kegiatan diluar tempat tidur

Unit	Waktu Tinggal	Kriteria desain	Keterangan
Bak Ekualisasi	7.26 jam	6-10 jam	sesuai
Bak Flotasi	33.7 menit	20-30 menit	sesuai
Bak Sedimentasi	5.73 jam	2-2.5 jam	sesuai
Bak Aerasi	2.08 jam	2-3 jam	sesuai

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Berdasarkan rekapitulasi diatas diketahui bahwa unit IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati memiliki waktu tinggal yang sesuai kriteria desain dengan debit baru penambahan kapasitas tempat tidur digabung dengan debit kegiatan diluar tempat tidur

4.13 Analisa Output IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Apabila Debit Penambahan Kapasitas Tempat Tidur Digabung Dengan Debit kegiatan Diluar Tempat Tidur

Limbah cair yang sudah mengalami pengolahan pada unit- unit proses yang terdapat pada IPAL akan dialirkan menuju badan air dalam kasus ini sungai grogol yang merupakan tempat pembuangan dari limbah cair hasil pengolahan.

Dalam sistem pengolahan air limbah, Parameter pada *outlet* merupakan suatu hal yang paling penting untuk dianalisis. Selain karena hal ini adalah salah satu ketentuan pembuangan air limbah hasil olahan, hal ini juga karena kualitas air olahan pada *outlet* akan sangat mempengaruhi kondisi dari badan air penerima.

Berdasarkan hasil olahan penulis, Kualitas *Effluent* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati apabila terjadi penambahan kapasitas tempat tidur adalah seperti yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4.26. Hasil Perhitungan Parameter Air Limbah Pada *Outlet* IPAL

Parameter	kandungan	BML (Pergub DKI Jakarta no 69 tahun 2013)
pH	7	6-9
TSS	0.030 mg/L	30 mg/L
BOD	0.749 mg/L	30 mg/L
COD	1.381 mg/L	80 mg/L
Minyak dan Lemak	0.003 mg/L	10 mg/L
MBAS	0.001 mg/L	10 mg/L
Ammonia	0.115 mg/L	10 mg/L
Total coliform	0.014	5000
Ammonia	0.115 mg/L	10 mg/L

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat dilihat bahwa keseluruhan parameter yang dihitung pada *outlet* IPAL berada dibawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur DKI Jakarta No 69 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi kesehatan dan atau usaha.

4.14 Analisa Kapasitas Maksimal Penambahan Tempat Tidur Untuk Setiap unit IPAL Berdasarkan Waktu Tinggal

Pada pembahasan ini akan dilakukan analisa kapasitas maksimum setiap unit yang ada pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati berdasarkan dari cek waktu tinggal.

$28.79 \text{ m}^3/\text{hari} = 21.25 \text{ (debit berdasarkan tempat tidur)} + 7.54 \text{ (debit dari kegiatan selain tempat tidur)}$

Diketahui bahwa debit dari kegiatan selain tempat tidur dianggap tetap sehingga debit yang bisa ditambah pada pembahasan ini merupakan debit dari kegiatan yang berasal dari tempat tidur pasien. Maka untuk menentukan akan dilakukan metode coba-coba pada penambahan tempat tidur Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati sebagai sumber penghasil limbah cair.

4.14.1 Bak Ekualisasi

Dari pembahasan sebelumnya diketahui bahwa dengan debit $28.79 \text{ m}^3/\text{jam}$ waktu tinggal dari unit ekualisasi masih sesuai dengan kriteria desain yang ditentukan oleh nusa idaman said (2002). Karena itu maka akan dilakukan penambahan debit dengan coba-coba untuk mendapatkan kapasitas maksimal dari bak ekualisasi pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta. Sebelumnya akan ditentukan terlebih dahulu debit maksimal dari penambahan tempat tidur yang bisa diolah oleh bak ekualisasi.

Kriteria untuk waktu tinggal dari bak ekualisasi berdasarkan nusa idaman said (2002) adalah 6 – 10 jam. Maka akan dihitung berapa debit limbah cair maksimal yang sesuai dengan waktu tinggal yang telah ditetapkan.

$$V/6 = 209.1 \text{ m}^3/6 = 34.85 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$34.85 - 7.54 = 27.31 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dari perhitungan diatas diketahui debit limbah cair maksimum untuk bak ekualisasi adalah $34.85 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan debit limbah cair dari kegiatan rumah sakit sebesar $27.31 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Selanjutnya akan dicari berapa jumlah tempat tidur yang bisa ditambahkan sehingga debit dari limbah cair rumah sakit menjadi $27.31 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Percobaan untuk 1800 tempat tidur

$$\text{Penggunaan Air Bersih} = 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1800 \text{ bed} \times 79.55\%$$

$$= 715950 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 715950 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 572760 \text{ L/hari}$$

$$= 23.86 \text{ m}^3/\text{jam} < 27.31 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}$$

Percobaan untuk 2000 tempat tidur

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 2000 \text{ bed} \times 79.55\% \\ &= 795500 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned} &= 795500 \text{ L/hari} \times 80\% \\ &= 636400 \text{ L/hari} \\ &= 26.52 \text{ m}^3/\text{jam} < 27.31 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Percobaan untuk 2050 tempat tidur

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 2050 \text{ bed} \times 79.55\% \\ &= 815387.5 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned} &= 815387.5 \text{ L/hari} \times 80\% \\ &= 652310 \text{ L/hari} \\ &= 27.18 \text{ m}^3/\text{jam} < 27.31 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Percobaan untuk 2060 tempat tidur

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1800 \text{ bed} \times 79.55\% \\ &= 819365 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned} &= 819365 \text{ L/hari} \times 80\% \\ &= 655492 \text{ L/hari} \\ &= 23.71 \text{ m}^3/\text{jam} = 27.31 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa diatas maka didapatkan maksimal penambahan kapasitas tempat tidur yang bisa ditampung oleh bak ekualisasi yaitu sebanyak 2060 tempat tidur.

4.14.2 Bak flotasi

Dari pembahasan sebelumnya diketahui bahwa dengan debit $28.79 \text{ m}^3/\text{jam}$ waktu tinggal dari bak flotasi masih sesuai dengan kriteria desain yang ada. Karena itu maka akan dilakukan penambahan debit dengan coba-coba untuk mendapatkan kapasitas maksimal dari bak flotasi pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta. Sebelumnya akan ditentukan terlebih dahulu debit maksimal dari penambahan tempat tidur yang bisa diolah oleh bak flotasi.

Kriteria untuk waktu tinggal dari bak flotasi adalah 20 - 30 menit. Maka akan dihitung berapa debit limbah cair maksimal yang sesuai dengan waktu tinggal yang telah ditetapkan.

$$V/6 = 16.17 \text{ m}^3/0.33 = 49 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$49 - 7.54 = 41.46 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dari perhitungan diatas diketahui debit limbah cair maksimum untuk bak flotasi adalah $49 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan debit limbah cair dari kegiatan rumah sakit sebesar $41.46 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Selanjutnya akan dicari berapa jumlah tempat tidur yang bisa ditambahkan sehingga debit dari limbah cair rumah sakit menjadi $41.46 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Percobaan untuk 2500 tempat tidur

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 2500 \text{ bed} \times 79.55\% \\ &= 994375 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned} &= 994375 \text{ L/hari} \times 80\% \\ &= 795500 \text{ L/hari} \\ &= 33.15 \text{ m}^3/\text{jam} < 41.46 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Percobaan untuk 2800 tempat tidur

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 2800 \text{ bed} \times 79.55\% \\ &= 1113700 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned} &= 1113700 \text{ L/hari} \times 80\% \\ &= 890960 \text{ L/hari} \\ &= 37.12 \text{ m}^3/\text{jam} < 41.46 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Percobaan untuk 3100 tempat tidur

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 3100 \text{ bed} \times 79.55\% \\ &= 1233025 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned} &= 1233025 \text{ L/hari} \times 80\% \\ &= 986420 \text{ L/hari} \\ &= 41.10 \text{ m}^3/\text{jam} < 41.46 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Percobaan untuk 3127 tempat tidur

$$\text{Penggunaan Air Bersih} = 500 \text{ liter/bed/hari} \times 3127 \text{ bed} \times 79.55\%$$

$$= 1243764 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 1243764 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 995011 \text{ L/hari}$$

$$= 41.46 \text{ m}^3/\text{jam} = 41.46 \text{ m}^3/\text{jam (ok)}$$

Berdasarkan analisa diatas maka didapatkan maksimal penambahan kapasitas tempat tidur yang bisa ditampung oleh bak flotasi yaitu sebanyak 3127 tempat tidur.

4.14.3 Bak Sedimentasi

Dari pembahasan sebelumnya diketahui bahwa dengan debit $28.79 \text{ m}^3/\text{jam}$ waktu tinggal dari bak sedimentasi masih sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan SNI 6774 tahun 2008. Karena itu maka akan dilakukan penambahan debit dengan coba-coba untuk mendapatkan kapasitas maksimal dari bak sedimentasi pada Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta. Sebelumnya akan ditentukan terlebih dahulu debit maksimal dari penambahan tempat tidur yang bisa diolah oleh bak sedimentasi.

Kriteria untuk waktu tinggal dari bak sedimentasi berdasarkan SNI 6774 tahun 2008 adalah 2 – 2.5 jam. Maka akan dihitung berapa debit limbah cair maksimal yang sesuai dengan waktu tinggal yang telah ditetapkan.

$$V/6 = 165 \text{ m}^3/2 = 82.5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$82.5 - 7.54 = 74.96 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dari perhitungan diatas diketahui debit limbah cair maksimum untuk bak sedimentasi adalah $82.5 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan debit limbah cair dari kegiatan rumah sakit sebesar $74.96 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Selanjutnya akan dicari berapa jumlah tempat tidur yang bisa ditambahkan sehingga debit dari limbah cair rumah sakit menjadi $74.96 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Percobaan untuk 4000 tempat tidur

$$\text{Penggunaan Air Bersih} = 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1800 \text{ bed} \times 79.55\%$$

$$= 1591000 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 1591000 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 1272800 \text{ L/hari}$$

$$= 53.03 \text{ m}^3/\text{jam} < 74.96 \text{ m}^3/\text{jam (ok)}$$

Percobaan untuk 5000 tempat tidur

$$\text{Penggunaan Air Bersih} = 500 \text{ liter/bed/hari} \times 5000 \text{ bed} \times 79.55\%$$

$$= 1988750 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 1988750 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 1591000 \text{ L/hari}$$

$$= 66.29 \text{ m}^3/\text{jam} < 74.96 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}$$

Percobaan untuk 5500 tempat tidur

$$\text{Penggunaan Air Bersih} = 500 \text{ liter/bed/hari} \times 5500 \text{ bed} \times 79.55\%$$

$$= 2187625 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 2187625 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 1750100 \text{ L/hari}$$

$$= 72.92 \text{ m}^3/\text{jam} < 74.96 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}$$

Percobaan untuk 5600 tempat tidur

$$\text{Penggunaan Air Bersih} = 500 \text{ liter/bed/hari} \times 5600 \text{ bed} \times 79.55\%$$

$$= 2227400 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 2227400 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 1781920 \text{ L/hari}$$

$$= 74.25 \text{ m}^3/\text{jam} < 74.96 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}$$

Percobaan untuk 5654 tempat tidur

$$\text{Penggunaan Air Bersih} = 500 \text{ liter/bed/hari} \times 5654 \text{ bed} \times 79.55\%$$

$$= 2248879 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 2248879 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 1799103 \text{ L/hari}$$

$$= 74.96 \text{ m}^3/\text{jam} = 74.96 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)}$$

Berdasarkan analisa diatas maka didapatkan maksimal penambahan kapasitas tempat tidur yang dapat ditampung oleh bak sedimentasi yaitu sebanyak 5654 tempat tidur.

4.14.4 Bak Aerasi

Dari pembahasan sebelumnya diketahui bahwa dengan debit $28.79 \text{ m}^3/\text{jam}$ waktu tinggal dari unit aerasi masih sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan badan pengkajian dan penerapan teknologi (2002:83). Karena itu maka akan dilakukan penambahan debit dengan coba-coba untuk mendapatkan kapasitas maksimal dari bak aerasi pada IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta. Sebelumnya akan ditentukan terlebih dahulu debit maksimal dari penambahan tempat tidur yang bisa diolah oleh bak aerasi.

Kriteria untuk waktu tinggal dari bak aerasi berdasarkan badan pengkajian dan penerapan teknologi (2002:83) adalah 2 – 3 jam. Maka akan dihitung berapa debit limbah cair maksimal yang sesuai dengan waktu tinggal yang telah ditetapkan.

$$V/6 = 60 \text{ m}^3/2 = 30 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$30 - 7.54 = 22.46 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dari perhitungan diatas diketahui debit limbah cair maksimum untuk bak sedimentasi adalah $30 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan debit limbah cair dari kegiatan rumah sakit sebesar $22.46 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Selanjutnya akan dicari berapa jumlah tempat tidur yang bisa ditambahkan sehingga debit dari limbah cair rumah sakit menjadi $22.46 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Percobaan untuk 1650 tempat tidur

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1650 \text{ bed} \times 79.55\% \\ &= 656288 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned} &= 656288 \text{ L/hari} \times 80\% \\ &= 525030 \text{ L/hari} \\ &= 21.88 \text{ m}^3/\text{jam} < 22.46 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Percobaan untuk 1690 tempat tidur

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan Air Bersih} &= 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1690 \text{ bed} \times 79.55\% \\ &= 672198 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$\begin{aligned} &= 672198 \text{ L/hari} \times 80\% \\ &= 537758 \text{ L/hari} \\ &= 22.41 \text{ m}^3/\text{jam} < 22.46 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Percobaan untuk 1694 tempat tidur

$$\text{Penggunaan Air Bersih} = 500 \text{ liter/bed/hari} \times 1694 \text{ bed} \times 79.55\%$$

$$= 673789 \text{ L/hari}$$

Maka debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah merupakan 80% dari penggunaan air bersih)

$$= 673789 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 539031 \text{ L/hari}$$

$$= 22.46 \text{ m}^3/\text{jam} = 74.96 \text{ m}^3/\text{jam (ok)}$$

Berdasarkan analisa diatas maka didapatkan maksimal penambahan kapasitas tempat tidur yang dapat ditampung oleh bak aerasi yaitu sebanyak 1694 tempat tidur.

4.14.5 Rekapitulasi Analisa Kapasitas Maksimal Penambahan Tempat Tidur Untuk Setiap unit IPAL Berdasarkan Waktu Tinggal

Hasil dari analisa kapasitas maksimal penambahan tempat tidur untuk setiap unit IPAL berdasarkan dari waktu tinggal bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.27. Rekapitulasi analisa kapasitas maksimal penambahan tempat tidur untuk setiap unit IPAL berdasarkan dari waktu tinggal

Unit	Debit maksimal	Jumlah tempat tidur
Bak Ekualisasi	34.85 m ³	2060
Bak Flotasi	49 m ³ /jam	3127
Bak Sedimentasi	82.5 m ³ /jam	5654
Bak Aerasi	30 m ³ /jam	1694

Sumber : Data Hasil Olahan, 2018

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa Jumlah maksimal kapasitas tempat tidur yang sesuai dengan Kondisi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta adalah sejumlah 1694 tempat tidur. Jumlah ini adalah kapasitas maksimum untuk bak aerasi berdasarkan dari waktu tinggal.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan keseluruhan dari Penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Secara umum kondisi eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta dapat dikatakan baik dan optimal kecuali untuk bak ekualisasi dan bak flotasi dimana hasil dari analisa proses didapat bahwa nilai penurunan kadar pencemar belum memenuhi standar.
2. Berdasarkan presentase tingkat hunian (BOR) debit rata-rata perhari limbah cair yang masuk ke dalam unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta adalah sebesar 11.22 m³/jam.
3. Efektifitas IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta bernilai 99.39% untuk TSS, 96.19% untuk BOD, 94.69% untuk COD, 92.61% untuk minyak dan lemak, 99.25% untuk MBAS, 99.60% untuk ammonia dan 99.99% untuk Total Coliform.
4. *Effluent* IPAL Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta masih sesuai dengan baku mutu lingkungan yang diperbolehkan dalam hal ini yaitu Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kesehatan dan atau usaha.
5. Kondisi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta jika terjadi penambahan kapasitas kamar tidur di rumah sakit masih optimal dan berjalan baik. Hal itu dapat dibuktikan dari hasil effluent IPAL yang masih sesuai dengan baku mutu lingkungan yang ditetapkan dan waktu tinggal yang sesuai dengan kriteria desain.
6. Jumlah maksimal kapasitas tempat tidur yang sesuai dengan Kondisi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta adalah sejumlah 1694 tempat tidur. Jumlah ini adalah kapasitas maksimum untuk bak aerasi berdasarkan dari waktu tinggal.

5.2 Saran

Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati Jakarta dalam pemeliharaan dan pengolahan limbah cairnya memerlukan usaha-usaha dari seluruh pihak terkait agar mencapai optimalisasi. Hal-hal yang harus dilakukan adalah :

1. Meletakkan bak ekualisasi pada pengolahan pertama sebelum bak flotasi karena bak ekualisasi bukan berfungsi untuk menurunkan kadar pencemar tetapi untuk mengkontinyukan debit limbah yang akan diolah di IPAL (Membagi dan meratakan volume pasokan (*influent*) untuk masuk pada proses treatment, menstabilkan karakteristik limbah (meratakan variabel) & fluktuasi dari beban organik untuk menghindari *shock loading* pada sistem pengolahan biologi, meratakan pH untuk meminimalkan kebutuhan kimiawi pada proses netralisasi dan meratakan kandungan padatan (SS, koloidal, dls), untuk meminimalkan kebutuhan kimiawi pada proses pengolahan berikutnya.
2. Memasang 2 jet aerator bertipe *turbo pro jet aerator* pada bak ekualisasi yang berfungsi sebagai *agitator* (pengaduk) karena *Turbo Pro* menimbulkan udara langsung pada kedalaman air dalam bentuk gelombang mikro, dengan minimum 22.500-87.000 liter udara per jam. Tingkat aerasi seperti ini lebih tinggi hingga 7-8 kali dari kincir aerator tradisional. Daya aduk dari *Turbo Pro Jet aerator* membawa udara kedalam air dan tercampur dalam kecepatan tinggi sehingga membuat air penuh dengan oksigen. Selain itu, *Turbo Jet* menghasilkan hingga 21% udara adalah oksigen, proses ini akan membersihkan dan memurnikan bak ekualisasi dalam beberapa minggu
3. Untuk membuat proses yang terjadi pada unit flotasi lebih optimal diperlukan adanya penerapan DAS atau *Dissolved Air Flotation* yaitu melarutkan udara dengan pemberian tekanan hingga mencapai konsentrasi jenuh gas di dalam air sehingga ketika air dialirkan ke bak yang bertekanan atmosfer, akan terbentuk gelembung-gelembung udara berukuran mikroskopik. DAF akan mengapungkan partikel – partikel dengan berat jenis yang kecil. Efisiensi penyisihan TSS dan COD oleh DAF sebesar 90%, dan penyisihan minyak dan lemak sebesar 94% (www.etsenvironmental.com).

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiani E, Slamet A, Rahayu DW (2000). Penambahan powdered activated carbon (PAC) pada proses lumpur aktif untuk pengolahan air limbah rumah sakit. *Majalah IPTEK: jurnal ilmu pengetahuan alam dan teknologi* : 11 (1): 30-8
- Depkes. (2006). *Penanganan Limbah Medis Tajam Harus Segera Dibenahi*. <http://www/depkes.go.id.html.2006> [diakses pada 13 februari 2018]
- Depkes RI. 2008. *Draft Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan air limbah (IPAL) dengan Sistem Aerobik Lumpur Aktif pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Depkes RI
- Hananto WM (1999). Mikroorganisme patogen limbah cair rumah sakit dan dampak kesehatan yang ditimbulkannya. *Bul Keslingmas* : 18 (70) 1999: 37-44
- Haryanto (2001). Analisis senyawa-senyawa kimia limbah cair rumah sakit Kodya Jambi. *Percikan* : 31 (Mei): 54-9
- John Tampion, M. D. Tampion (1987). *Immobilized cells: principles and applications*. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-25556-1.
- Sianturi, G. (2003). *Limbah Rumah Sakit Belum Dikelola dengan Baik*. <http://www.suarapembaruan.com>, [diakses pada 20 januari 2018]
- Keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 1204/MENKES/ SK/2004 tahun 2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit
- Maulana, Rizal. 2009. *Definisi Rumah Sakit*. <http://indonetasia.com/definisionline/?p=703> (diakses pada 20 Februari 2018)
- Maulidya, Annisa. 2014. Makalah Unit Operasi Flotasi. Padang. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
- Metcalf, Eddy (2004). *Waste Water Treatment*. Mc.Graw Hill
- Peavy S. Howard, Rowe.Donald R, Tchobanoglous (1985) *Environmental Engineering* Mc. Graw Hill International
- Qasim, Syed (1991) . *Waste Water Treatment Plan*. Mc.Graw Hill
- Ratledge C, Kristiansen B. 2001. *Basic Biotechnology*. Cambridge: Cambridge University Pr. Hal. 5-17.
- Reynold. Richard, (1996). *Unit Operation and Process*. PWS Publishing Company

- Rostiyanti SF, Sulaiman F (2001). Studi pemeliharaan bangunan pengolahan air limbah dan incinerator pada rumah sakit di Jakarta. *Jurnal Kajian Teknologi* : 3 (2): 113-23
- Sabayang P, Muljadi, Budi P (1996). Konstruksi dan evaluasi incinerator untuk limbah padat rumah sakit. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan Shahib MN (1999)
- Said NI (1999). Teknologi pengolahan air limbah rumah sakit dengan sistem "biofilter anaerob-aerob". Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah II: prosiding, Jakarta, 16-7 Feb 1999.
- Shahib MN, Djustiana N (1998). Profil DNA plasmid E. coli yang diisolasi dari limbah cair rumah sakit. *Majalah Kedokteran Bandung* : 30 (1) 1998: 328-41
- SNI 6774 tahun 2008. Tentang Tata Cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air. Standar Nasional Indonesia
- Sundana EJ (2000). Hospital waste minimization in Indonesia case studi: Muhammadiyah Bandung General Hospital (RSMB). *Jurnal Itenas* : 4 (1): 43-9
- Villadsen J, Lidén G. 2003. *Bioreactor Engineering Principles*. New York : Plenum Press. Hal. 11-15
- Williams JA. 2002. Keys to bioreactor selection. *Chemical Eng Progress* 98(3):34-41
- .